



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Ventana para viviendas de consumo de energía casi nulo
"Passivhaus"

Autor/es

ANA CALLE GUTIÉRREZ

Director/es

FÉLIX SANZ ADÁN y MARÍA ÁNGELES MARTÍNEZ CALVO

Facultad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2019-20



Ventana para viviendas de consumo de energía casi nulo "Passivhaus", de
ANA CALLE GUTIÉRREZ
(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los
titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica

CURSO: 2019/2020 CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE

TÍTULO:

**Ventana para viviendas de consumo de energía casi nulo
"Passivhaus"**

ESTUDIANTE: Ana Calle Gutiérrez

TUTORES/AS: Félix Sanz Adán

DEPARTAMENTO: Ingeniería Mecánica

ÍNDICE

| | | |
|-----------|---|----|
| 1 | RESUMEN | 5 |
| 2 | ABSTRACT | 6 |
| 3 | MEMORIA..... | 7 |
| 3.1 | Introducción | 7 |
| | <i>El estándar Passivhaus</i> | 9 |
| 3.2 | Objeto..... | 10 |
| 3.3 | Alcance | 12 |
| 3.4 | Antecedentes | 12 |
| 3.5 | Normas y referencias | 14 |
| 3.5.1 | Legislación y Normativa | 14 |
| 3.5.2 | Bibliografía y referencias..... | 14 |
| 3.6 | Requisitos de diseño | 16 |
| | Ficha de características técnicas que debe cumplir..... | 16 |
| 3.7 | Análisis de soluciones..... | 19 |
| 3.7.1 | Estudio de los materiales a emplear | 19 |
| 3.7.1.1 | Materiales empleados para la fabricación de los perfiles de la ventana..... | 19 |
| 3.7.1.1.1 | Madera | 19 |
| 3.7.1.1.2 | Aluminio | 20 |
| 3.7.1.1.3 | PVC | 20 |
| 3.7.1.1.4 | Comparativa de materiales y conclusión final | 21 |
| | Conductividad térmica de los materiales en cifras | 22 |
| | Ciclo de vida, entorno y Medioambiente | 22 |
| | CONCLUSIONES | 25 |
| 3.7.1.2 | Materiales empleados para la fabricación de juntas | 25 |
| 3.8 | Resultados finales..... | 26 |
| 3.8.1 | Componentes de una ventana de altas prestaciones “Passivhaus” | 26 |
| 3.8.1.1 | Perfiles de PVC | 26 |
| 3.8.1.2 | Refuerzos metálicos | 27 |
| 3.8.1.3 | Juntas de EPDM..... | 28 |
| 3.8.1.4 | Herrajes | 29 |
| 3.8.1.5 | Acristalamiento | 30 |
| 3.8.1.5.1 | Intercalario de borde caliente o warm-edge | 32 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 3.8.1.5.2 | Separadores de PVC | 33 |
| 3.9 | Planificación | 34 |
| 3.10 | Orden de prioridad entre los documentos | 35 |
| 4 | ANEXO I. CÁLCULOS. | 36 |
| 4.1 | Marco con anclajes..... | 36 |
| 4.1.1 | Fuerzas que tiene que soportar (incluyendo vibraciones y cargas de impacto) . | 36 |
| 4.2 | Tipos de acristalamiento (para uno, dos y tres vidrios, con distintos espesores y tipos de vidrio). | 39 |
| 4.2.1 | Cálculo de resistencia a impactos | 40 |
| 4.2.2 | Cálculo de transmitancias y dilataciones | 40 |
| 4.2.2.1 | Cálculo de transmitancias térmicas en función del tipo de acristalamiento .. | 40 |
| 4.2.2.2 | Dilataciones en la carpintería..... | 48 |
| 4.3 | Cálculo del porcentaje de energía anual que se ahorra con:..... | 53 |
| 4.3.1 | Ventanas con el mismo marco y distintos acristalamientos | 53 |
| 4.3.2 | Ventana de PVC frente a una ventana de aluminio | 55 |
| 4.4 | Comprobación del cumplimiento de CTE y normas UNE..... | 60 |
| 4.4.1 | DB-HE 0. Limitación del consumo energético | 60 |
| 4.4.2 | DB-HE 1. Condiciones para el control de la demanda energética..... | 61 |
| 4.4.3 | Permeabilidad al aire según norma UNE EN 12207:2000 | 63 |
| 4.4.4 | Estanqueidad al agua según norma UNE EN 12208:2000..... | 64 |
| 4.4.5 | Resistencia al viento según norma UNE EN 12211:2000 | 66 |
| 4.5 | Ficha de comprobación final | 67 |
| 5 | PLANOS..... | 68 |
| 5.1 | Lista de componentes | 69 |
| 5.2 | Planos | 72 |
| 6 | PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS | 73 |
| 6.1 | Legislación y normativa modificada para el estándar Passivhaus | 73 |
| | MODIFICACIONES DB-HE 0: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO..... | 73 |
| | MODIFICACIONES DB-HE 1: CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA. | 76 |
| | MODIFICACIONES DB-HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN. | 78 |
| | MODIFICACIONES DB-HE 4: CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA..... | 78 |
| | MODIFICACIONES DB-HE 5: GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA..... | 79 |
| 6.2 | Generales | 80 |
| | DIRECTIVA 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética | 81 |

| | |
|--|----|
| Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020..... | 82 |
| 6.3 Particularidades..... | 84 |
| EL COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN AEN CTN 085 | 84 |
| CERTIFICACIÓN DE LA VENTANA FABRICADA | 86 |
| 6.4 Condiciones particulares | 87 |
| 6.4.1 Sobre el proceso de fabricación. | 87 |
| 6.4.2 Sobre el transporte y puesta en obra..... | 87 |
| 6.4.3 Control de calidad (una vez puesta en obra) | 90 |
| 6.4.4 Manual de instrucciones (usos adecuados e inadecuados y mantenimiento) ... | 90 |
| 7 PRESUPUESTO | 92 |
| 7.1 Presupuesto de ventana tipo | 92 |

1 RESUMEN

Bien es sabido que tanto la calefacción como el aire acondicionado en el sector residencial, representan el mayor consumo energético mundial y, es por ello que, es necesaria una normativa que regule y reduzca el consumo de energía.

Es aquí cuando aparece el concepto de edificios sostenibles “zero-energy” en los que la envolvente de los edificios juega un papel primordial en la determinación de los niveles de confort, iluminación natural y ventilación. Se requieren acciones que impliquen un cambio en el proceso de construcción pues se han mantenido casi invariables durante generaciones.

Es imprescindible obtener edificaciones más eficientes y sostenibles desde la proyección hasta su construcción. Todos los agentes intervinientes: proyectistas, promotores, constructores, gremios, ..., deben profundizar en el conocimiento de nuevas formas de construir y vivir, y lograr una gran profesionalización del sector, capaz de enfrentarse a los nuevos retos de reducir el consumo de energía en el sector de la construcción.

Con este objetivo nace el estándar Passivhaus cuyo objetivo es controlar la demanda de calefacción y refrigeración con el mínimo uso de electricidad, usando para ello características físicas de la construcción y del entorno.

Este estándar se resume en cinco principios básicos:

1. Excelente aislamiento térmico.
2. Ventanas y puertas de altas prestaciones.
3. Ausencia de puentes térmicos.
4. Hermeticidad al aire.
5. Ventilación mecánica con recuperación de calor.

El objeto de este trabajo es el estudio de uno de estos principios: “Estudio de ventanas con alto nivel de aislamiento y altas prestaciones”.

El fin de este es poder afirmar que la instalación de ventanas con altas prestaciones, o ventanas passivhaus, en una vivienda juega un papel muy importante para reducir el consumo de energía. En este estudio se van a valorar tanto los materiales de fabricación o la forma de instalación en obra como las consecuencias de su fabricación sobre el medio ambiente. Todo ello para concluir qué características son las más óptimas para la fabricación de una ventana “Passivhaus”.

2 ABSTRACT

It is well known that both heating and air conditioning in the residential sector represent the highest energy consumption in the world and, for this reason, a regulation is necessary to regulate and reduce energy consumption.

This is when the concept of “zero-energy” sustainable building appears, in which the building envelope plays a key role in determining levels of comfort, natural lighting and ventilation. Actions are required that imply a change in the construction process as they have remained almost unchanged for generations.

It is essential to obtain more efficient and sustainable from projection to construction. All the agents involved: designers, promoters, builders, unions,... they must deepen their knowledge of new ways of building and living, and achieve a great professionalization of the sector, capable of facing the new challenges of reducing energy consumption in the construction sector.

With this objective, the Passivhaus standard was born, whose objective is to control the demand for heating and cooling with the minimum use of electricity, using physical characteristics of the building and the environment.

This standard is summarized in five basic principles:

1. Excellent thermal insulation.
2. High performance windows and doors.
3. Absence of thermal bridges.
4. Air tightness.
5. Mechanical ventilation with heat recovery.

The object of this project is the study of one of these principles: “Study of windows with a high level of insulation and high performance”.

The purpose of this is to be able to affirm the installation of high-performance windows, or passivhaus windows, in a home plays a very important role in reducing energy consumption. In this study, both the manufacturing materials or the way of installation on site as well as the consequences of their manufacture on the environment will be evaluated. All this to conclude which characteristics are the most optimal windows for the manufacture of a “Passivhaus”.

3 MEMORIA

3.1 Introducción

La Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) nació con un doble objetivo: por un lado, promover la seguridad de suministro energético entre los países miembros de la misma agencia y, por otro lado, promover actividades dirigidas a la investigación y desarrollo de una energía limpia y disponible para todos los países desarrollados y en vías de desarrollo.

El sector residencial es el mayor consumidor de energía, un tercio de la energía que se consume y la mitad del consumo eléctrico tiene lugar en este sector. Con el aumento del desarrollo económico y los estándares del nivel de vida, considerando el incremento de población que se estima llegará a ser de 2,5 mil millones en 2050, el consumo de energía en el sector residencial crecerá rápidamente lo que supondrá una presión adicional en el sistema energético.

En la mayoría de las regiones mundiales, la calefacción y aire acondicionado representan el mayor consumo de energía. La envolvente de los edificios, -parte de los edificios que forma la barrera natural entre las condiciones exteriores e interiores- puede ser significativamente mejorada. De hecho, con la innovación tecnológica en las fachadas, proyectando envolventes sin puentes térmicos, **ventanas con alto nivel de aislamiento**, uniones perfectamente selladas y techos fríos en climas calientes, las necesidades interiores de acondicionamiento pueden ser rebajadas en muchas partes del mundo, incluidas algunas de las de más alto crecimiento poblacional en zonas cálidas.

Se hacen necesarias por tanto políticas efectivas que conduzcan la transición a edificios sostenibles “zero-energy”, en los que la envolvente de los edificios juega un papel primordial en la determinación de los niveles de confort, iluminación natural y ventilación. Se requieren acciones que impliquen un cambio en el proceso de construcción de edificios pues se han mantenido casi invariables durante generaciones. Es imprescindible obtener edificaciones más eficientes y sostenibles desde la proyección hasta la construcción. Todos los agentes intervinientes: proyectistas, promotores, constructores, gremios, etc. deben profundizar en el conocimiento de nuevas formas de construir y vivir, y lograr una gran profesionalización del sector, capaz de enfrentarse a los nuevos retos de reducir el consumo de energía en el sector de la construcción.

Abandonar antiguas formas de construir con cantos de forjado de menor o nulo aislamiento respecto al actual, cajoneras de persiana que permiten el contacto prácticamente directo entre el exterior y el interior, hojas de ventana colocadas fuera de la línea de aislamiento, etc. En definitiva, evitar discontinuidades en la piel de aislamiento de la envolvente, es clave para alcanzar edificios “zero-energy (nZeb)”.

En la Unión Europea el consumo de energía en los edificios es de un 40%, teniendo en consideración tanto edificios públicos como privados. Por ello la UE en la Directiva 2010/31/EU solicita a los estados miembros el desarrollo de normativas que permitan alcanzar el objetivo de reducir el consumo de energía un 20% respecto al consumo que tenía lugar en 1990.

En Europa, el uso del estándar Passivhaus está muy extendido en la realización de Edificios de consumo Casi Nulo, incluso su uso es obligado en ciertas zonas, como en Bruselas, en Bélgica, el estado de Vorarlberg en Austria, o Dun Laoghaire en Irlanda.

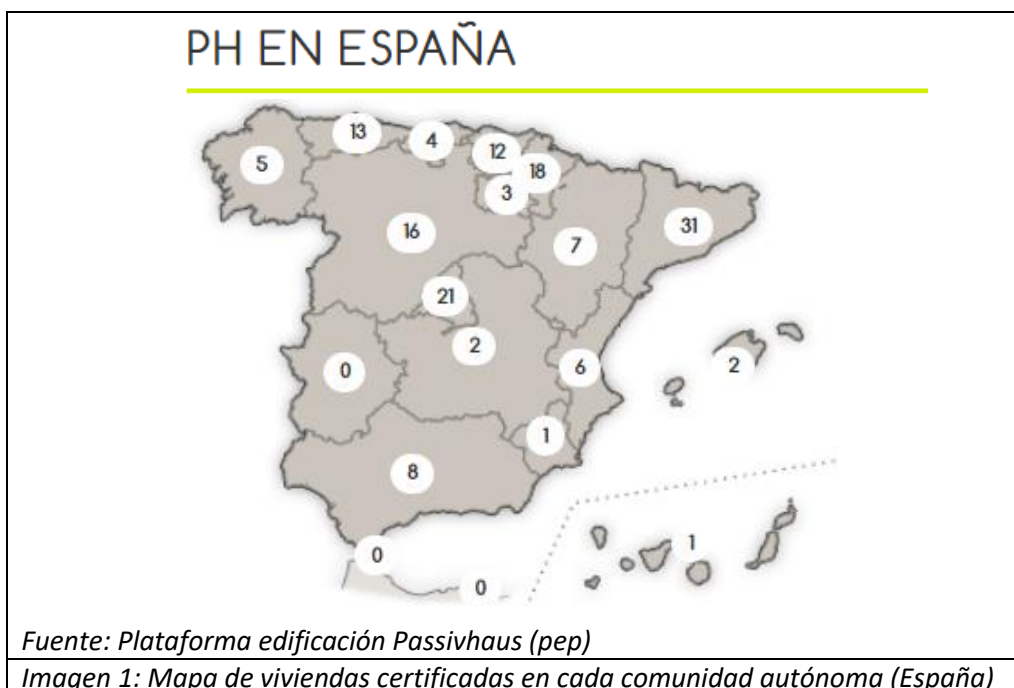
Además, su uso está comenzando a crecer en países mediterráneos como España e Italia. Los parámetros marcados por Passivhaus son los siguientes:

- Inferior a 15 kWh/m^2 año para demanda de calefacción
- Inferior a 15 kWh/m^2 año para demanda de aire acondicionado
- Inferior a 120 kWh/m^2 año en energía primaria
- Infiltraciones inferiores a 0,6 por hora (n50Pa) (estas se miden en renovaciones “n” a la hora a una presión de 50 Pa)

La Directiva Europea obliga a partir del 31 de diciembre del 2020, a que todos los nuevos edificios deberán ser construidos conforme a los estándares de edificios de consumo casi nulo y así lo traslada la normativa española en el Real Decreto 235/2013.

Alineado con este nuevo modelo de construcción, se enmarca el objeto de este proyecto: *Diseño de una ventana que cumpla con el estándar Passivhaus.*

En el mundo, hay alrededor de 72.000 viviendas realizadas bajo el estándar Passivhaus; en España, hasta el momento, la Plataforma Passivhaus, tiene cuantificadas e identificadas 97 viviendas construidas bajo este estándar: Andalucía (8), Aragón (7), Asturias (13), Cantabria (4), Castilla y León (16), Cataluña (31), Galicia (5), Comunidad de Madrid (21), Navarra (18), País Vasco (12), La Rioja (3), Castilla-La Mancha (2), Comunidad Valenciana (6), Murcia (1), las Islas Baleares (2) y las Islas Canarias (1).



El estándar Passivhaus

Es el más conocido internacionalmente, siendo considerado la base de cualquier proyecto de “energía casi nula”.

Su principal objetivo es controlar la demanda de calefacción y refrigeración con el mínimo uso de electricidad, empleando para ello características físicas de la construcción y del entorno. Todo ello con el fin de obtener en el interior una temperatura de confort.

En los años 80, Wolfgang Feist y Bo Adamson descubrieron que cuando la carga de calefacción no supera los 10W/m^2 (superficie útil), es posible administrar calor para mantener el confort empleando una ventilación controlada con un recuperador de calor. Este mínimo caudal de ventilación será más que suficiente para garantizar la buena calidad del aire y el confort interior.

En 1990 se construyó el primer edificio “passive”, un bloque de cuatro pisos construido en Alemania. Entonces, se demostró que en un lugar tan desfavorable como era el norte de Europa, se podía calefactar una vivienda con un consumo inferior a $12\text{ kWh/m}^2\text{año}$.

En 1996 se funda el Passivhaus-Institut, cuyo objetivo es promocionar, promover y controlar el “Standard Passivhaus”. Tras la creación de esta organización, también se incorporó un equipo llamado “Economical Passive Houses Working Group” que creó un método simplificado para el cálculo de construcciones Passivhaus, el PHPP (Passive House Planning Package).

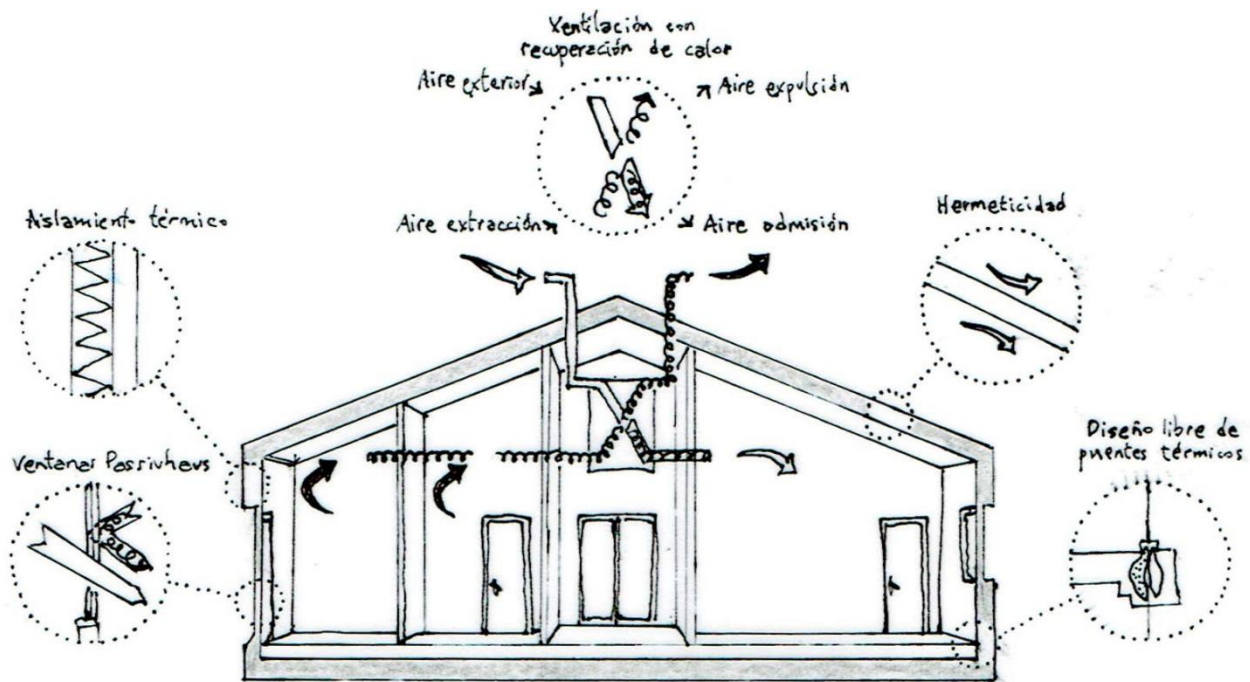
Tras la difusión de este estándar, las fábricas de materiales e instalaciones se pusieron manos a la obra para crear productos competentes para este tipo de construcciones. Es por ello que crearon materiales más eficientes e instalaciones con más alto rendimiento.

Para promover este nuevo concepto de construcciones, se inició el proyecto CEPHEUS que comercializó los productos Passivhaus incluyendo 250 construcciones nuevas monitorizadas en Europa con fines investigadores.

A Estados Unidos, este estándar llegó más tarde, cuando el arquitecto Katrin Klingenberg llevó el concepto a este país en el año 2000. Fue en el 2003 cuando este concepto consolidó y se construyó el primer edificio construido bajo los estándares Passivhaus.

Tras una larga difusión y aceptación, se concluye que el estándar Passivhaus se resume en cinco principios básicos:

1. Excelente aislamiento térmico.
2. Ventanas y puertas de altas prestaciones.
3. Ausencia de puentes térmicos.
4. Hermeticidad al aire.
5. Ventilación mecánica con recuperación de calor.



Fuente: Arquitectura Invisible

Imagen 2: Principios básicos del Passivhaus

3.2 Objeto

El objeto del este Proyecto es el “Estudio de ventanas con alto nivel de aislamiento y altas prestaciones”.

El 40% del consumo de energía consumida la Unión Europea pertenece solamente a los edificios, de esta, entre el 25 y 50 % se debe a pérdidas a través de los huecos en fachada cuya finalidad es la de permitir el paso de la luz, la entrada/salida al edificio y la ventilación.

Con estos datos se refuerza la idea de avanzar en la búsqueda de nuevos sistemas de cerramiento exterior (ventanas y puertas) e interior (cortinas, ventanillos, etc), que además deberán ser utilizados para conseguir cumplir las exigencias marcadas por la Directiva Europea, sobre consumo energético en las edificaciones. Además, en España la legislación ha empezado a adaptarse a estos requerimientos con el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

En cualquier caso, las ventanas juegan un papel muy importante en cualquier vivienda ya que:

- Permiten aprovechar la iluminación natural en cualquier espacio.
- Son fundamentales para la ventilación interior permitiendo la circulación de aire y el intercambio de calor.
- Tienen un objetivo estético en cuanto al diseño de la edificación.

Todos estos aspectos genéricos también deberán estar presentes a la hora de diseñar una ventana Passivhaus. Además, deben proporcionar una temperatura mínima interior de 17 °C y asegurar que no existen condensaciones superficiales.

Por tanto, las principales características que debe cumplir una ventana Passivhaus son:

- Combinar un vidrio muy eficiente con una o dos cámaras, esto dependerá de la zona climática.
- La cámara entre vidrios debe estar compuesta por gases nobles como el argón o el kriptón.
- También, entre capas de vidrio se debe colocar una capa de baja emisividad que dependerá de la zona climática.
- El marco de estas ventanas debe ser aislante usando para ello cámaras y membranas de rotura de puente térmico.

El principal **objetivo** de este estudio es conseguir un producto para cubrir huecos en fachadas que, energéticamente eficiente, aisle acústicamente y deje pasar la luz solar a elección del usuario.

Otros objetivos directa o indirectamente relacionados con el tema serán:

- Cumplir la normativa que rodea las ventanas de altas prestaciones.
- Determinar los requisitos que han de cumplir las ventanas que se van a fabricar e instalar.
- Describir el proceso de fabricación de ventanas de altas prestaciones y los materiales mejor valorados y más usados.
- Describir la información técnica que es necesario aportar a los clientes que quieren adquirir dichas ventanas.
- Justificar y calcular las características técnicas de una ventana de altas prestaciones.
- Describir las tareas necesarias para asegurar el correcto montaje de una ventana tanto en fábrica como en obra.
- Describir cómo se debe instalar dicha ventana en obra para cumplir los requisitos de estanqueidad y aislamiento, replanteo de huecos y preparación de los materiales, equipos y herramientas.
- Incorporar sistemas de motorización y domótica a la ventana.
- Definir los ensayos que se deben realizar en obra para verificar que la ventana instalada cumple los requisitos normativos y con las características anunciadas en catálogo.

3.3 Alcance

Se podría definir el producto de estudio como: *Diseño de un sistema de cerramiento de huecos en fachada de edificios que sea eficiente energéticamente y que cumpla las siguientes funciones:*

De uso:

- Permitir / Bloquear el paso de la luz.
- Aislar de la variación de la temperatura interior – exterior.
- Evitar la pérdida de calor / frío por ventilación.

Manipulación:

- Sistema de limpieza de cristales para evitar posiciones incómodas y de riesgo potencial para el usuario.
- Limpieza del marco.

Comunicativas:

- Producto con un mensaje de eficiencia energética (medioambiental).

Se valorarán otras funciones secundarias:

- Proteger de la radiación directa.
- Permitir / Impedir la circulación de aire interior – exterior.

Por ello, el **alcance** del estudio de este Proyecto abarca desde la elección de los materiales para la fabricación de cada una de las partes que componen una ventana de altas prestaciones como los gases que van a formar parte de las cámaras de aire que hay entre vidrios, pasando por toda la normativa vigente aplicable a estos temas, como el Passivhaus o los nuevos requisitos mínimos del Código Técnico de la Edificación. También, se profundizará en la forma en la que se instala dicha ventana en obra o cómo se monta cada parte en fábrica con el fin de evitar que se produzcan problemas como puentes térmicos o humedades.

La producción de dichas ventanas no es en serie, es decir, las ventanas se van a fabricar en función de la constructora/cliente puesto que van a variar factores como las dimensiones, el número de hojas, cantidad de cámaras de aire...

3.4 Antecedentes

Como en cualquier elemento que se fabrica, las ventanas han tenido una evolución en el tiempo y, es por ello que, en la actualidad, cada vez se piden características más exigentes para su fabricación y montaje.

Por lo general, el procedimiento de fabricación de una ventana estándar es, más o menos, similar ya que dependerá del uso previsto. Las diferencias recaen sobre el perfil, el tipo de apertura y la unión, pero el proceso de fabricación es prácticamente el mismo.

Este tipo de ventana, el estándar y básico, son fabricadas en madera o madera y aluminio con un vidrio o dos con cámara de aire entre medias.

Su proceso de fabricación y producción es:

1. Recorte de piezas de madera y fabricación del marco, cortando los listones de madera y lijándolos de forma mecánica antes de su encolado.
2. Los elementos del marco se ensamblan para componer la pieza bruta lista. Este ensamblaje está compuesto por el encolado de todas las piezas que forman el marco, la inserción de clavijas y tornillos en las uniones angulares, el montaje de las piezas y el prensado hasta el endurecimiento de la cola.
3. Una vez montado el marco completo, se retiran los residuos de cola sobrantes que han salido en las uniones y se barniza la superficie y se respeta el tiempo de secado.
4. Se incorporan los elementos mecánicos y sus herrajes montándose y atornillándose a mano. Las manillas no se incluirán hasta el montado final de la ventana.
5. El último paso es el montaje del acristalamiento que se colocará manualmente en el marco. Se coloca el vidrio junto a los junquillos y se usa silicona para fijarlo.

Como se ha dicho en el apartado anterior, este estudio se centra en mejorar las características de las ventanas con el fin de omitir todas las **carencias** que tienen, tanto físicas como de eficiencia. Para corregir estas carencias, habrá que mejorar conceptos como:

- Los materiales que “mejor funcionan” para la fabricación de marcos de ventana.
- La colocación de una ventana en el hueco de la fachada para evitar puentes térmicos entre la ventana y la fachada.
- Cantidad de vidrios que van a componer la ventana, cámaras de aire y gases nobles como aislante entre vidrios.
- Disposición del intercalario como nuevo componente para evitar condensaciones.

3.5 Normas y referencias

3.5.1 Legislación y Normativa

Este apartado se incluye completo en el Pliego de Condiciones Técnicas Generales y Particulares, que pertenece a este documento en el **apartado 4**.

3.5.2 Bibliografía y referencias

- Código Técnico de la Edificación
- Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP):
<http://www.plataforma-pep.org/>
- Apartado 1.2. Objeto: datos de pérdidas por huecos de fachadas:
<http://instudo.com/blog/index.php/perdidas-de-calor-y-frio-por-las-ventanas/>
y las principales características para ventanas Passivhaus:
<https://www.vanesaezquerria.com/ventanas-para-casas-pasivas/>
- Apartado 1.4. Antecedentes: proceso de fabricación de una ventana tradicional:
<https://processing-wood.com/es/procesos/ventana/peque%C3%B1as-series/est%C3%A1ndar/>
- Apartado 1.7.1.1. Perfiles de PVC donde se obtienen los beneficios de usar el material PVC para realizar los perfiles de la ventana:
<https://www.onventanas.com/12-ventajas-ventanas-pvc/>
- Apartado 1.7.1.1.1. Madera:
<http://amevec.mx/publicaciones/AMEVEC-BoletinVentanasDeMadera.pdf>
<https://www.viviendasaludable.es/reformas-bricolaje/cerramientos/ventanas-demadera-pros-y-contras>
- Apartado 1.7.1.1.2. Aluminio:
<https://www.madridactualidad.es/ventanas-de-aluminio/>
- Apartado 1.7.1.1.3. PVC:
<https://www.viviendasaludable.es/reformas-bricolaje/cerramientos/ventanas-de-pvc-pros-y-contras>
- Apartado 1.7.1.1.4. Conductividad de los materiales a comparar y tabla consumos:
<https://ovacen.com/ventanas-de-pvc/>
- Apartado 1.7.1.1.4. Ciclo de vida, entorno y Medioambiente
<https://ovacen.com/ventanas-de-pvc/>
- Apartado 1.7.1.2. características técnicas del EPDM:
<http://www.lorkindustrias.com/downloads/fichastecnicas/fichaTecnicaEPDM.pdf>
- Apartado 1.7.2.1 Perfiles de PVC:
<https://www.onventanas.com/12-ventajas-ventanas-pvc/>

- Apartado 1.8.1. Componentes de una ventana de altas prestaciones Passivhaus
<https://www.inrialsa.com/>
- Apartado 2.1.1. Vibraciones según Norma NCSE-02
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf
- Apartado 2.2. Tipos de acristalamiento
<https://www.idae.es/>
<https://www.onventanas.com/>
- Apartado 2.2.2. Cálculo de transmitancias y dilataciones
<https://www.patologiasconstruccion.net/2013/09/coeficiente-de-dilatacion-termica/>
<https://www.certificadosenergeticos.com/como-calcular-transmitancia-termica-global-ventana>
- Apartado 2.3. Pérdidas de energía por una ventana
<https://www.cristaleriasenin.com/calculo-ahorro-energetico-vidrio.html>
- Apartado 2.4.3. Permeabilidad al aire (ensayo)
<https://www.onventanas.com/ensayo-ventanas-permeabilidad-aire/>
- Apartado 2.4.4. Estanqueidad al agua (ensayo)
<https://www.onventanas.com/ventanas-estanqueidad-agua/>
- Apartado 4.1. Cambios en el Código Técnico de la Edificación:
<https://madridarquitectura.com/nuevo-codigo-tecnico-edificacion/>
https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE_201806.pdf
- Apartado 4.2. Pliego de condiciones Técnicas Generales:
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/casa-pasiva-edificio-consumo-casi-nulo-diferencias/>
<https://www.preferies.es/normativa-europea-y-nacional/>
- Apartado 5. Presupuesto:
[Empresa Tecnobel](#)

3.6 Requisitos de diseño

Para lograr los objetivos establecidos, las ventanas de estudio deben cumplir entre otros, los siguientes requisitos:

- Optimizar la luz diurna, las sombras exteriores, la orientación del inmueble.
- Alto nivel de aislamiento, mediante materiales altamente aislantes y de poco espesor.
- Sistema automático de control solar (domótica).
- Lograr que la infiltración de aire sea mínima, a través de sus uniones con la envolvente (rotura de puente térmico).
- Sistemas de control de sombras y acristalamiento, tales como cortinas, persianas...
- Minimizar la existencia de puentes térmicos.

Para cumplir estos requisitos debe tener las siguientes especificaciones:

| REQUISITO | ESPECIFICACIONES |
|-------------------------|---|
| Técnicos | Resistente a golpes |
| | Evitar ser manipulable desde el exterior (anti robo) |
| | Cristal adaptable |
| | Personalizable por el cliente |
| Ergonómicos | Deben de poder ser manipulables por personas con discapacidad física |
| | Su control debe ser sencillo para facilitar el uso a las personas mayores |
| Estéticos | Integración visual con el resto del edificio |
| Medioambientales | Componentes fácilmente separables. |
| | Evitar la emisión de cualquier tipo de contaminante |
| | Reciclar el mayor número de componentes posibles de la ventana |
| | Valorización al final de la vida útil (Declaración Ambiental de Producto) |

Tabla 1. Requisitos de diseño que se le exige a la ventana de estudio "ventana Passivhaus"

Ficha de características técnicas que debe cumplir

Con el objetivo de tener claras las características que debe cumplir esta ventana de estudio, se fija una ficha donde se aclaran tanto los problemas que se van a resolver como las características finales que debe de cumplir:

| FICHA DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO | |
|--|---|
| Objetivo (problema a resolver) | <p>Aumentar el nivel de aislamiento con materiales altamente aislantes y de poco espesor.</p> <p>Lograr que las infiltraciones de aire sean mínimas.</p> <p>Reducir la existencia de puentes térmicos.</p> |
| Definición | <p>El gran problema de las ventanas estándar tradicionales es que existe una gran pérdida de energía (tanto de calor como de frío) debido a que las juntas de estas no son estancas ni están bien resueltas.</p> <p>Otro de los problemas que hay es en la colocación en obra puesto que, al no resolverse bien el encuentro de la fachada con la ventana, se producen puentes térmicos que derivan en humedades.</p> <p>Por todo ello, el objetivo de esta ficha es tener claras las ideas que se van a mejorar en una ventana para conseguir certificarla como ventana "Passivhaus".</p> <p>Los conceptos de los que va a constar la mejora van a ser: materiales adecuados para aumentar el aislamiento, usar varias capas de vidrio con cámaras de aire y de gases nobles para aumentar, todo lo posible, el aislamiento térmico y acústico, especificar la óptima colocación en obra para evitar puentes térmicos o soluciones para garantizar que la ventana es estanca.</p> |
| Función | <p>Una ventana certificada Passivhaus va a ser un elemento clave en una vivienda en la que se quiere garantizar la estanqueidad y un gran aislamiento, tanto térmico como acústico.</p> <p>La función principal de una ventana de altas prestaciones es optimizar la luz diurna evitando pérdidas energéticas por radiación.</p> |
| Requisitos | <p>Estos requisitos se encuentran nombrados en la <i>Tabla 1</i> de este documento:</p> <ol style="list-style-type: none"> Requisitos técnicos: <ul style="list-style-type: none"> Resistente a golpes Evitar su manipulación desde el exterior Cristal adaptable Personalizable por el usuario Requisitos ergonómicos: <ul style="list-style-type: none"> Deben de poder ser manipulables por personas con discapacidad física Uso sencillo para facilitar su uso a personas mayores Requisitos estéticos: <ul style="list-style-type: none"> Integración visual con el resto del edificio Requisitos medioambientales: <ul style="list-style-type: none"> Componentes fácilmente separables Evitar la emisión de cualquier contaminante Reciclar el mayor número de componentes posibles Valorización al final de la vida útil |
| Forma | <p>La ventana tiene que ser plana, continua a la fachada y con dimensiones variables en función del hueco que se desee cubrir y las necesidades del cliente.</p> |







| | |
|--------------------|--|
| | <p>Teniendo en cuenta las necesidades y exigencias de cada cliente, la ventana podrá ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fija - Oscilante - Batiente - Oscilo-batiente <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <p>FIJAS</p> <p>OSCILANTE</p> <p>BATIENTE</p> <p>OSCILO-BATIENTE</p> </div> |
| Aspecto | <p>Forma en la que la ventana está integrada tanto en la fachada como en el interior de cada estancia. Esto quiere decir que el color tanto del exterior como del interior de la ventana será elegido por el cliente. Existe una amplia gama de colores, incluyendo tonalidades lisas, metálicas y maderas con acabado liso o texturizado, en línea con las nuevas tendencias arquitectónicas. Además, se puede crear ventanas con un acabado distinto para el interior que para el exterior.</p> |
| Propiedades | <p>Control solar por domótica.</p> <p>Alto nivel de aislamiento mediante materiales altamente aislantes y de poco espesor.</p> <p>Lograr que la infiltración de aire sea mínima a través de su unión con la envolvente y entre las juntas y componentes que forman la ventana.</p> |
| Estructura | <p>La colocación de la ventana en la fachada se realiza mediante un premarco de madera (madera de pino) con anclajes metálicos minimizando así los puentes térmicos. Este premarco tiene las dimensiones del hueco de la fachada y, tras colocar correctamente dicho premarco, se ajusta la ventana al hueco que queda del premarco.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> |

Tabla 2: Ficha técnica con características del proyecto

3.7 Análisis de soluciones

Como se ha dicho ya anteriormente, el objetivo de este Proyecto es la mejora de cualquier aspecto de una ventana tradicional. Por ello, se va a comenzar analizando qué materiales van a ser los adecuados para fabricar cada una de las partes que componen la futura ventana y, posteriormente, se analizarán los componentes de esta y la solución final justificada.

3.7.1 Estudio de los materiales a emplear

3.7.1.1 Materiales empleados para la fabricación de los perfiles de la ventana.

3.7.1.1.1 Madera

Las ventanas de madera son el tipo de ventana que más se ha utilizado a lo largo de la historia puesto que era el material más abundante y fácil de obtener. En la siguiente tabla se muestran las ventajas y los inconvenientes del uso de este material en la fabricación de ventanas:

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| Gran capacidad de aislamiento térmico, siendo esta superior al aluminio y acercándose al PVC. | Es un material altamente inflamable. |
| Permite grandes diseños y bonitos acabados. | Tiene un precio bastante elevado. |
| Es un recurso renovable e inagotable (si se gestiona de forma adecuada). | Requiere un continuo y costoso mantenimiento para que su aspecto sea como el del primer día ya que es un material que se deteriora con facilidad. |
| El residuo generado no produce impactos ambientales negativos. | Puede pudrirse, ser atacada por insectos o, si se enfrentan a condiciones ambientales como la humedad, se dilatan y curvan y después no se manipularán correctamente. |
| Es un buen material teniendo en cuenta sus propiedades físicas puesto que además de ser un gran aislante térmico, lo es también acústico y eléctrico. | Aunque las empresas madereras afirmen que, aunque se talen muchos árboles para la obtención de madera, siempre se realizan nuevas plantaciones; lo cierto es que estos árboles tardan muchos años en volver a crecer. En este caso, las empresas siguen los criterios de bosque sostenible. |

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de la madera en ventanas.

3.7.1.1.2 Aluminio

Otro de los materiales más empleados en la fabricación de ventanas es el aluminio:

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| A diferencia de la madera, este material no necesita mantenimiento puesto que posee un recubrimiento natural protector de óxido. | Es un material con muy alta conductividad térmica por lo que hay una gran pérdida de temperatura y provoca un aumento del uso de calefacción y aire acondicionado. |
| Material muy resistente a los golpes. | Este material produce condensaciones en su superficie. |
| Material muchísimo más barato que la madera. | Es un material que superficialmente se puede rayar o picar. |
| El aluminio es un material no inflamable. | Es un material que no se encuentra en la naturaleza, por lo que para obtenerlo hace falta tecnologías que contaminan y un elevado consumo energético. |
| Es un material muy moldeable por lo que se pueden realizar muchos diseños. | |
| Material totalmente reciclable. | |

Tabla 4. Ventajas e inconvenientes del aluminio en ventanas.

3.7.1.1.3 PVC

El PVC tiene una trayectoria en el sector de la construcción mucho más corto que los dos materiales anteriores; pero, sin embargo, los supera con creces.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| Tiene unas excelentes cualidades aislantes y de seguridad. Esto es debido a que, al ser un material plástico, tiene propiedades no conductoras. | Su precio es elevado en comparación con ventanas de peores características o calidades; pero, comparándolas con ventanas de aluminio o de madera con rotura de puente térmico, estas superan a las de PVC. |
| Es un material con una vida útil muy elevada, de unos 50 años. | En caso de incendio, emite altas cantidades de cloro a la atmósfera. |
| No necesita ningún tipo de mantenimiento. | |
| Es un material que si es respetuoso con el medio ambiente ya que no se generan sustancias tóxicas durante su fabricación. | |
| No requiere mantenimiento | |
| Es muy versátil puesto que pueden realizarse diferentes acabados superficiales como acabados de madera y colores. | |
| No sufre problemas de condensaciones. | |

Tabla 5. Ventajas e inconvenientes del PVC en ventanas

3.7.1.1.4 Comparativa de materiales y conclusión final

Con el objetivo de sacar conclusiones de peso para saber a ciencia cierta qué material es más apto para una ventana Passivhaus, no sólo se va a tener en cuenta qué material es "más bonito" estéticamente hablando, sino qué material tiene las mejores propiedades para una buena vida útil y sin fallos.

La tabla que se adjunta a continuación compara las ventajas e inconvenientes de los tres materiales, nombrados en el apartado anterior, con el fin de sacar unas conclusiones iniciales:

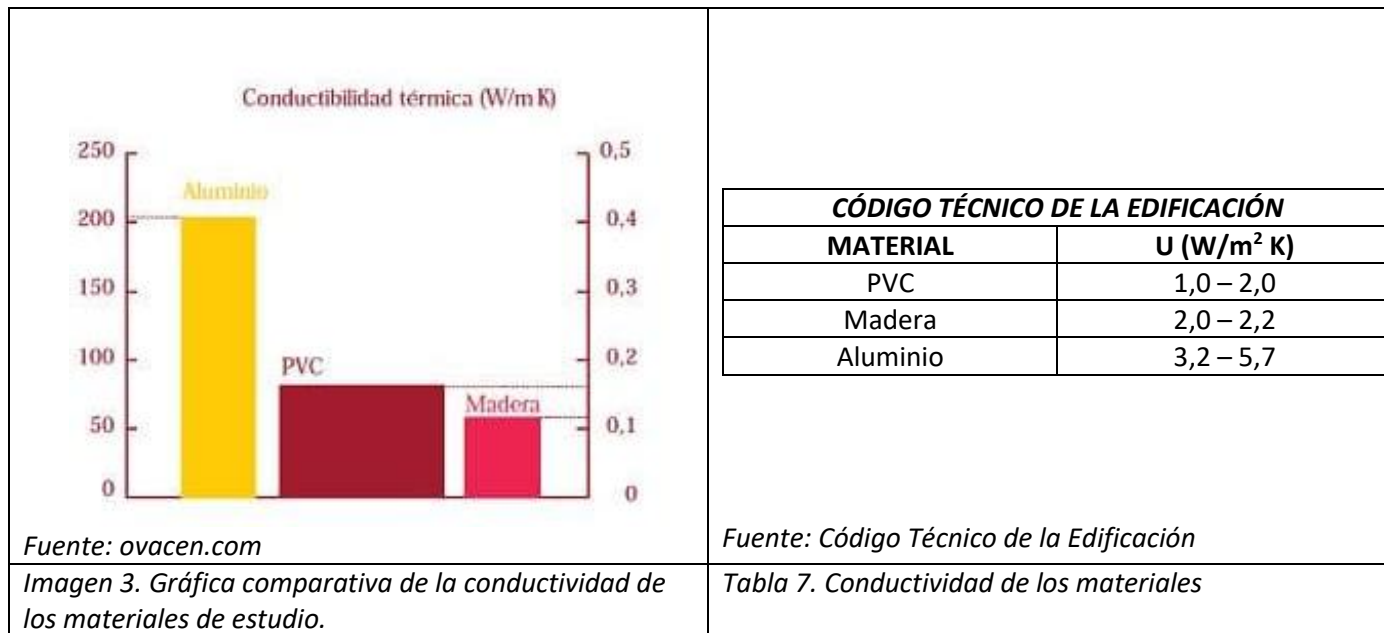
| Característica Material | <i>Alto aislamiento térmico</i> | <i>Material más versátil</i> | <i>No contamina (medioambiente)</i> | <i>Menor mantenimiento</i> | <i>Material más resistente</i> | <i>Más barato</i> | <i>No inflamable</i> | <i>Mayor vida útil</i> | <i>Cumple con el CTE</i> | <i>No condensaciones</i> | <i>Resistente a las condiciones ambientales</i> |
|----------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---|
| Madera | | | | | | | | | | | |
| Aluminio | | | | | | | | | | | |
| PVC | | | | | | | | | | | |

Tabla 6. Comparativa entre materiales para los perfiles de ventana

Esta tabla inicial hace pensar que el material más apto para la fabricación de este elemento de una ventana de altas prestaciones es el PVC puesto que es el material con más ventajas, seguido por la madera y, por último, el aluminio.

Pero no basta con comparar sólo y exclusivamente sus ventajas y desventajas, sino que hay que comparar otros conceptos como la conductividad de los materiales o el impacto de la fabricación y la existencia de estos materiales en el medioambiente:

Conductividad térmica de los materiales en cifras



Ciclo de vida, entorno y Medioambiente

Teniendo en cuenta que la fabricación de una ventana tradicional y una ventana Passivhaus son prácticamente iguales, van a tener el mismo impacto medioambiental, aunque habrá una única diferencia: no se dará tanta pérdida de energía en una ventana Passivhaus como en una convencional.

Se han realizado muchos estudios sobre el impacto medioambiental de una ventana tradicional bajo dos puntos de vista, ambos relacionados con la fabricación, uso, reciclaje y colocación final de residuos:

- Estimación del consumo energético.
- Emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Se desarrolla un método para contabilizar valores de cada una de las etapas del ciclo de vida de una ventana:

1. Extracción y producción.
2. Transporte a montaje.
3. Montaje.
4. Transporte a obra.
5. Uso.
6. Transporte a vertedero.
7. Disposición en vertedero.
8. Transporte a reciclaje.
9. Reciclaje.

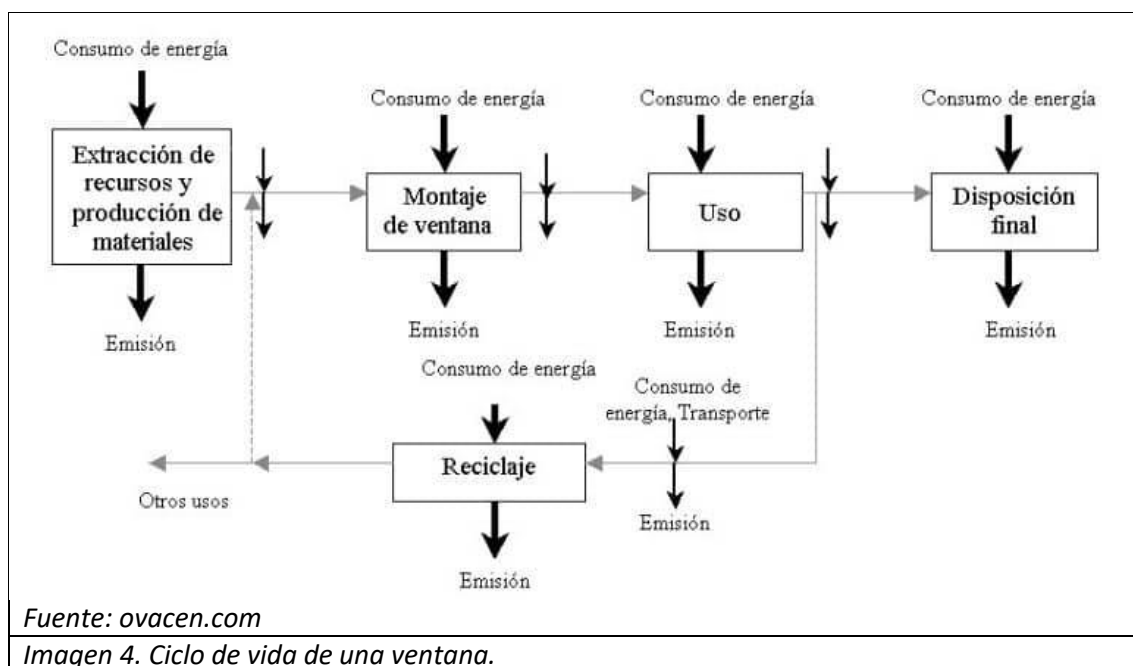


Imagen 4. Ciclo de vida de una ventana.

Cabe destacar que la vida útil y la duración de la ventana instalada dependerá en gran medida de la elección del material del que va a ser fabricada, tanto desde el marco estructural como las cámaras de aire o el vidrio empleado.

A continuación, se adjunta una tabla donde se resumen los consumos de energía y emisiones de CO₂ en una ventana fabricada con los tres materiales de estudio atribuible a la fabricación de la ventana, uso (50 años), reciclaje y disposición final de residuos:

| Ventana | Consumo eléctrico (kWh) | Emisiones de CO ₂ (kg) | Material reciclado (kg) | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------|-------|----------|--------------------------|----------------------|
| | | | Vidrio | PVC | Acero | Aluminio | Total material reciclado | % del material total |
| PVC 30% reciclado doble acristalamiento | 1.740 | 730 | 21,4 | 21,1 | 6,7 | | 49,2 | 93,4% |
| PVC 0% reciclado doble acristalamiento | 1.780 | 742 | 21,4 | 21,1 | 6,7 | | 49,2 | 93,4% |
| Madera doble acristalamiento | 2.045 | 886 | 21,4 | | | | 21,4 | 61,5% |
| Madera simple acristalamiento | 2.633 | 1.155 | 10,7 | | | | 10,7 | 45,0% |
| Aluminio 30% reciclado con rotura doble acristalamiento | 3.244 | 1.418 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% |
| Aluminio 0% reciclado con rotura doble acristalamiento | 3.819 | 1.672 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% |
| Aluminio 30% reciclado sin rotura doble acristalamiento | 3.838 | 1.681 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% |
| Aluminio 0% reciclado sin rotura doble acristalamiento | 4.413 | 1.935 | 21,4 | | | 40,8 | 62,2 | 94,1% |

Fuente: ovacen.com

Tabla 8. Resumen consumos de energía y emisiones de CO₂ en la fabricación de la ventana, uso (50 años), reciclaje y disposición final de residuos

| | Consumo de energía | | Emisión de CO ₂ | |
|--|--------------------|------|----------------------------|------|
| | kWh | % | kg | % |
| Ventana madera, acristalamiento simple | 44,7 | 1,7 | 13,7 | 1,2 |
| Ventana madera, acristalamiento doble | 74,5 | 3,6 | 22,2 | 2,5 |
| Ventana PVC, 30% PVC Reciclado | 214,0 | 12,3 | 66,3 | 9,1 |
| Ventana PVC, 0% PVC Reciclado | 253,6 | 14,2 | 77,6 | 10,5 |
| Ventana aluminio, sin rotura, 30% Al reciclado | 1.406,5 | 36,6 | 613,5 | 36,5 |
| Ventana aluminio, con rotura, 30% Al reciclado | 1.406,5 | 43,4 | 613,5 | 43,3 |
| Ventana aluminio, sin rotura, 0% Al reciclado | 1.981,1 | 44,9 | 867,9 | 44,8 |
| Ventana aluminio, con rotura, 0% Al reciclado | 1.981,1 | 51,9 | 867,9 | 51,9 |

Fuente: ovacen.com

Tabla 9. Consumo de energía y emisiones de CO₂ en la etapa de extracción y producción de materiales; porcentaje respecto al total.

Observando el estudio de las tablas, el PVC es el material que más energía ahorra en su ciclo de vida comparándolo con el aluminio o la madera y sus emisiones de CO₂ son más reducidas. Otro de los “pros” del PVC respecto a los otros dos materiales es su peso, ya que el primero es menor que el resto y su transporte producirá menor consumo.

Si bien es cierto que, en el proceso de extracción y producción del material, el más sostenible es la madera puesto que es el material “más natural”.

CONCLUSIONES

El material más adecuado para la fabricación de los perfiles de una ventana de altas prestaciones Passivhaus es el **PVC** ya que:

1. Este material supone **un gran ahorro energético** en la vivienda donde se instale ya que es un material que impide grandes pérdidas de energía. Si, además, a esta se le añade unos buenos vidrios con cámara (se tratará el tema más adelante), esta ventana garantizará un ahorro de hasta un 65% en calefacción y aire acondicionado.
2. Mejora el **aislamiento térmico** puesto que su buena puesta en obra, evita los puentes térmicos en gran medida.
3. Mejora el aislamiento acústico ya que este material impide el paso de las ondas sonoras.
4. Mantiene la vivienda con un ambiente más saludable. Esto es debido a la gran estanqueidad y hermeticidad que proporcionan los perfiles fabricados con este material frente a agentes externos como el polvo o la contaminación.
5. Como es un material que reduce el uso de calefacciones y aires acondicionados, reduce las emisiones de CO₂.
6. Es un material que no presida mantenimiento.
7. Su instalación en obra es muy sencilla.
8. Es un material muy versátil puesto que se adapta a todas las formas, tamaños y estilos.

3.7.1.2 Materiales empleados para la fabricación de juntas

Estas juntas son colocadas en el perfil para asegurar un contacto permanente y flexible entre el perfil y los vidrios, siendo capaz de absorber los pequeños movimientos que puedan aparecer. Su colocación proporciona la reducción de aire que se filtra y mejora la estanqueidad haciendo que la eficiencia de la ventana aumente.

A causa de las características que se les exigen a estos elementos, estos deberán ser fabricados de un material capaz de resistir condiciones externas sin perder sus características. Este material es el **EPDM**, etileno propileno, es un caucho que posee las siguientes características:

- Excelente resistencia al agua, al vapor, al ozono y a los rayos UV.
- Tiene muy buenas propiedades de flexibilidad a bajas temperaturas.
- Tiene un inmejorable comportamiento frente al deterioro a causa de los agentes climáticos a largo plazo.

3.8 Resultados finales

3.8.1 Componentes de una ventana de altas prestaciones “Passivhaus”

Esta ventana está compuesta por muchos más elementos que una ventana tradicional puesto que a esta primera se le exigen unos requisitos “extra”. Los elementos que componen una ventana de estas características son los siguientes:

1. Perfiles de PVC.
2. Refuerzos metálicos.
3. Juntas EPDM.
4. Herrajes.
5. Acristalamientos (dobles o triples).

3.8.1.1 Perfiles de PVC

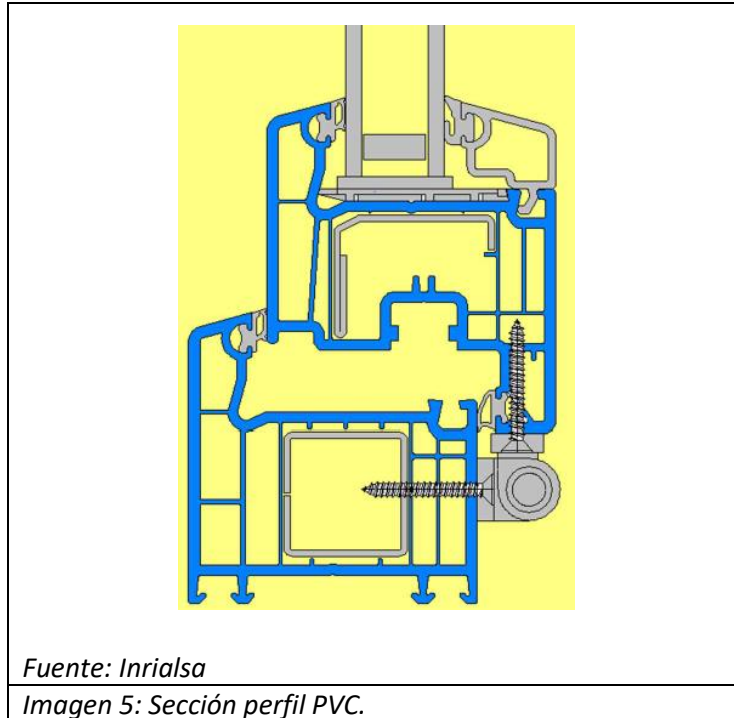
Como ya se ha explicado en el apartado anterior, el material que se va a emplear para la fabricación de los perfiles de esta ventana de altas prestaciones va a ser el PVC.

El PVC (cloruro de polivinilo) es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro, siendo el plástico con menos dependencia del petróleo. Este material es obtenido de la polimerización del cloruro de vinilo (material compuesto de cloro y etileno). Es un material ligero, químicamente inerte y termoplástico (es moldeable a una temperatura de 140 – 205 °C y cuando se enfría recupera su consistencia inicial).

Es uno de los mejores materiales para la fabricación de ventanas puesto que tiene excelentes propiedades, anteriormente nombradas:

- Es un material más resistente y duradero que la madera.
- Es un material más aislante que otros materiales como el aluminio.
- No le afectan los cambios climáticos y de temperatura, es decir, sus características permanecen intactas ante estas condiciones (estabilidad dimensional).
- No necesita mantenimiento, sólo es necesario una limpieza superficial, es decir, características como su color permanecerán estables.
- Tiene un alto nivel de aislamiento contra el ruido cuando se combina con vidrios acústicos.
- Es muy aislante por lo que se reducen las posibilidades de que el frío o el calor entre por la ventana. Todo ello significa que se reduce el consumo de calefacción y aire acondicionado permitiendo ahorrar energía.
- Es un material respetuoso con el medioambiente, es reciclable.
- Es un material que, con un refuerzo en su interior, hace que sea muy seguro.
- El PVC es un material poco inflamable por lo que no propaga el fuego.
- Gran resistencia al choque.
- A diferencia de la madera, es un material que no se pudre y es resistente a la corrosión y a la erosión salina.

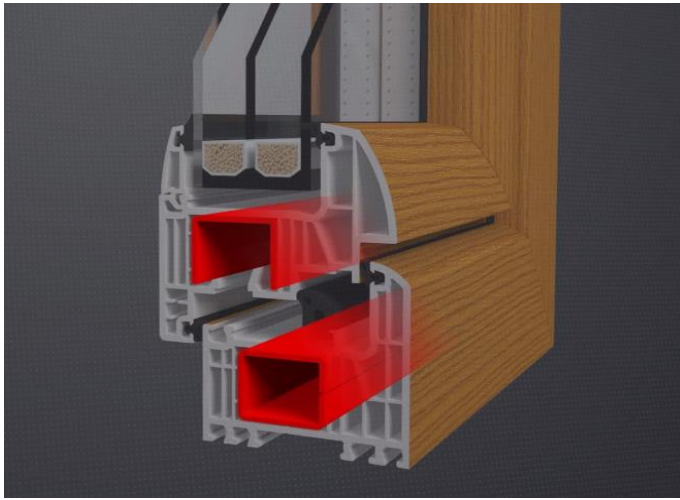
- Este permite que la ventana sea muy versátil, es decir, le permite realizar cualquier apertura a la ventana para adaptarse a las necesidades de cada habitación.
- Permite realizar las ventanas en múltiples colores y acabados.



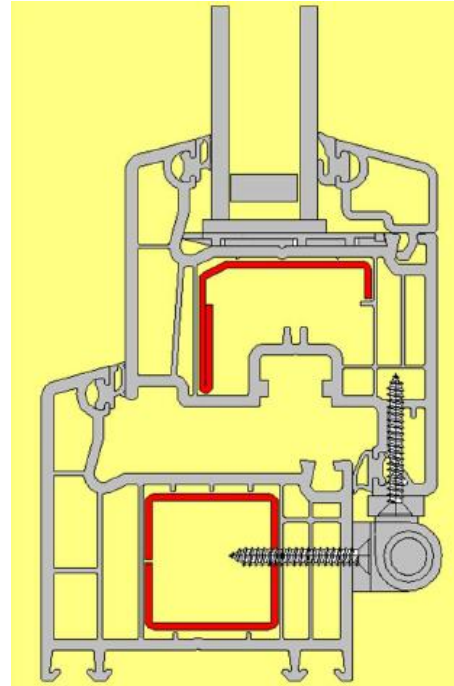
3.8.1.2 Refuerzos metálicos

En el caso de las ventanas passivhaus, el refuerzo que se introduce en los perfiles de PVC son refuerzos metálicos de acero galvanizado (material que no se corroe). Estos aumentan la rigidez de los perfiles y su durabilidad. A su vez, deberán tener una longitud, espesor y geometría adecuados para que su función sea óptima:

- Teniendo en cuenta la longitud, estos refuerzos deberán ser perimetrales, abarcando así todo el marco ya que, si sólo que refuerzan algunas zonas, habrá otras que queden más débiles pudiendo aparecer deformaciones.
- El espesor y la geometría de los refuerzos están relacionados con el momento de inercia (cuanto mayor sea el momento de inercia, mayor será la resistencia de un elemento). El objetivo de la fabricación de los refuerzos va a ser siempre el mismo, buscar una sección con un momento de inercia lo más alto posible ya que así aumentará la resistencia del marco y, con ello, la disminución de las deformaciones.



Fuente: Veneo



Fuente: Inrialsa

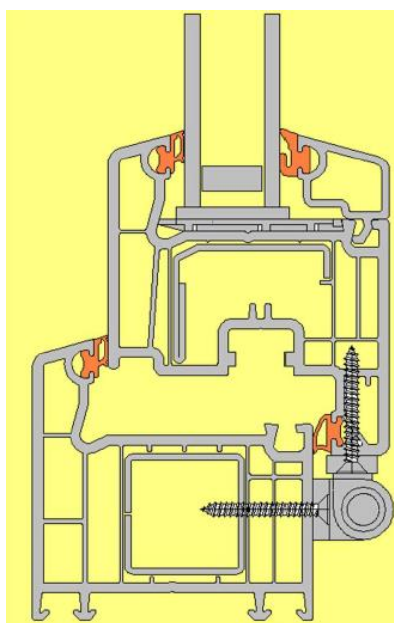
Imagen 6: Sección perfil con detalle del refuerzo.

3.8.1.3 Juntas de EPDM

El EPDM es un caucho de polietileno propileno dieno monómero, un plástico elastómero con muy buenas propiedades frente al agua y a agentes externos. Es un material muy resistente y elástico por lo que es un buen material para usarlo como impermeabilización. Tiene muy buena resistencia mecánica ya que, con su gran elasticidad, resiste roturas provocadas por otros materiales. A su vez, es un material con muy alta resistencia a:

- Rayos UV(A).
- Salitre.
- Ozono.
- Polución ambiental.

Es por ello que todas las discontinuidades del marco de una ventana passivhaus están solucionadas con juntas de este material. A su vez, afirmar que cada una de las juntas que componen este elemento tendrán su tamaño y forma específicas para su mejor funcionamiento.

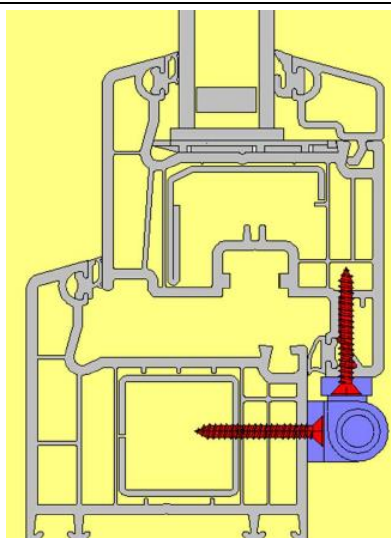


Fuente: Inrialsa

Imagen 7: Sección perfil con detalle de las juntas de EPDM.

3.8.1.4 Herrajes

El herraje es el conjunto de elementos de fijación y desbloqueo de las hojas de una ventana, es decir, los elementos que permiten abrir y cerrar una ventana. Estos elementos son altamente resistentes y proporcionan una excelente fijación.



Fuente: Inrialsa

Imagen 8: Sección marco con detalle de herraje.

3.8.1.5 Acristalamiento

Un requisito indispensable para una ventana con certificación Passivhaus es que su transmitancia térmica global sea igual o inferior a $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_w \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ (para España).

Tanto el coeficiente de transmitancia térmica (U) como el coeficiente de pérdida de calor por puentes térmicos (ψ) están determinados por estas tres normas:

- DIN EN ISO 10077
- DIN EN 673
- DIN EN 12631

En la siguiente tabla se especifican los valores de transmitancia para certificar una ventana dependiendo de su zona climática:

Tabla 1: Criterios requeridos para la certificación y valores-U del acristalamiento de referencia

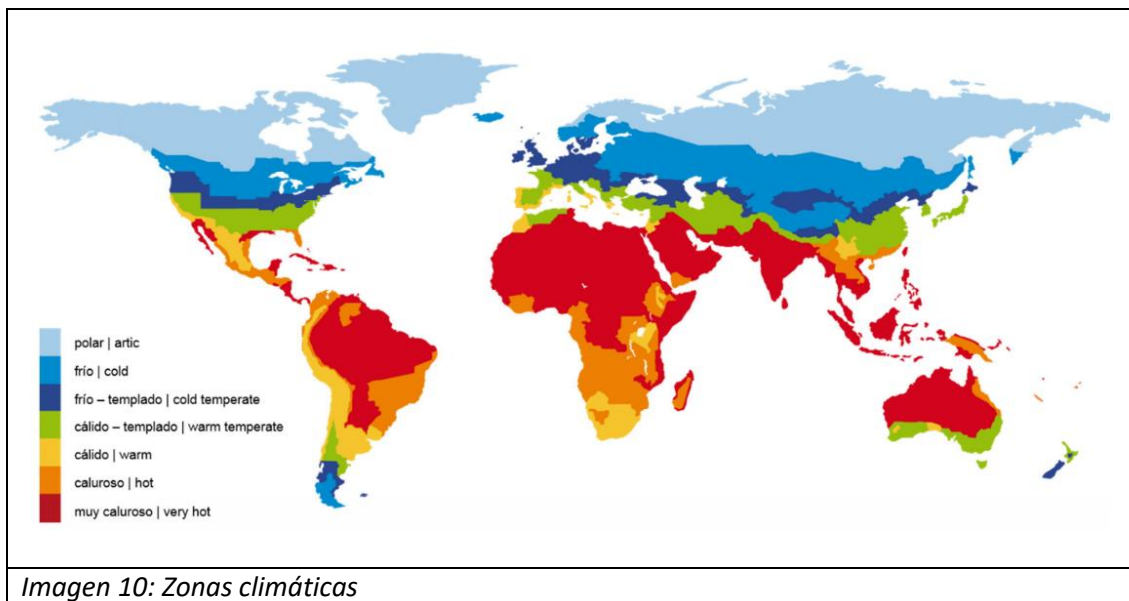
| Zona climática | Criterio de higiene $f_{Rsi} \geq 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ | Valor-U del componente ¹ [W/(m ² K)] | Valor-U instalado [W/(m ² K)] | Acristalamiento de referencia [W/(m ² K)] |
|-------------------|--|---|---|---|
| 1 Polar | 0.80 | 0.40 | 0.45 | 0.35 |
| 2 Frío | 0.75 | 0.60 | 0.65 | 0.52 |
| 3 Frío-templado | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.70 |
| 4 Cálido-templado | 0.65 | 1.00 | 1.05 | 0.90 |
| 5 Cálido | 0.55 | 1.20 | 1.25 | 1.10 |
| 6 Caluroso | Ninguno | 1.20 | 1.25 | 1.10 |
| 7 Muy caluroso | Ninguno | 1.00 | 1.05 | 0.90 |

¹ Para referenciar componentes inclinados (45°) u horizontales (0°) se deberá utilizar el valor- U_g real del acristalamiento, determinado de acuerdo a DIN EN 673 o a ISO 15099 como alternativa. El límite del valor-U instalado es el mismo que el del componente no instalado. El valor-U límite de un componente inclinado se incrementará $0.10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, y el valor-U límite de un componente horizontal se incrementa $0.20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. A excepción del clima Frío-templado donde el valor-U límite de un componente inclinado se incrementa $0.20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y el valor-U límite de un componente horizontal se incrementa $0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Fuente: Código Técnico de la Edificación

Imagen 9: Tabla con valores U del acristalamiento

A su vez, añade cuáles son las diferentes zonas climáticas:







Por tanto, España pertenece a la zona climática "cálido-templado" cuyos valores de conductividad de una ventana para ser considerada Passivhaus tendrá que ser igual o inferior a los siguientes valores:

- Valor U del componente: $\leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Valor U del componente instalado: $\leq 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Valor U del acristalamiento: $\leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Como se ha nombrado al comienzo del documento, una ventana pasiva tiene que tener:

- Un acristalamiento compuesto de al menos dos vidrios, siendo una mejor opción uno de tres vidrios.
- Dichos vidrios van a depender siempre de la zona climática y de la orientación de la ventana a la que pertenezcan.
- La cámara de aire que hay entre vidrios deberá estar llena de un gas noble (el gas más empleado es el Argón) que reduzca más la permeabilidad térmica que el aire común.
- También será de gran importancia colocar un intercalario entre vidrios. La función de este separador de vidrios es evitar la existencia de condensadores.

Hay que recalcar que el tipo de acristalamiento en una vivienda construida bajo el estándar Passivhaus es muy importante, por lo que es esencial la correcta elección del vidrio. Por lo general, se empleará triple vidrio con baja emisividad y gas Argón en las cámaras para mejorar la transmitancia de estos vidrios, llegando así a unas transmitancias de hasta $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valor muy bueno) y un factor solar "g" mayor del 50% de la transmitancia térmica de la ventana completa. Este factor "g" está relacionado con la cantidad de radiación (calor) que entra a una habitación por el vidrio de esa ventana.

| | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |
| vidrio | sencillo | doble | Doble Bajo emisivos | Triple Bajo emisivos |
| Valor U W/(m²K) | 5,60 | 2,80 | 1,20 | 0,50 |
| trans. energética solar g | 87 % | 79% | 62% | 50% |

Fuente: Inrialsa

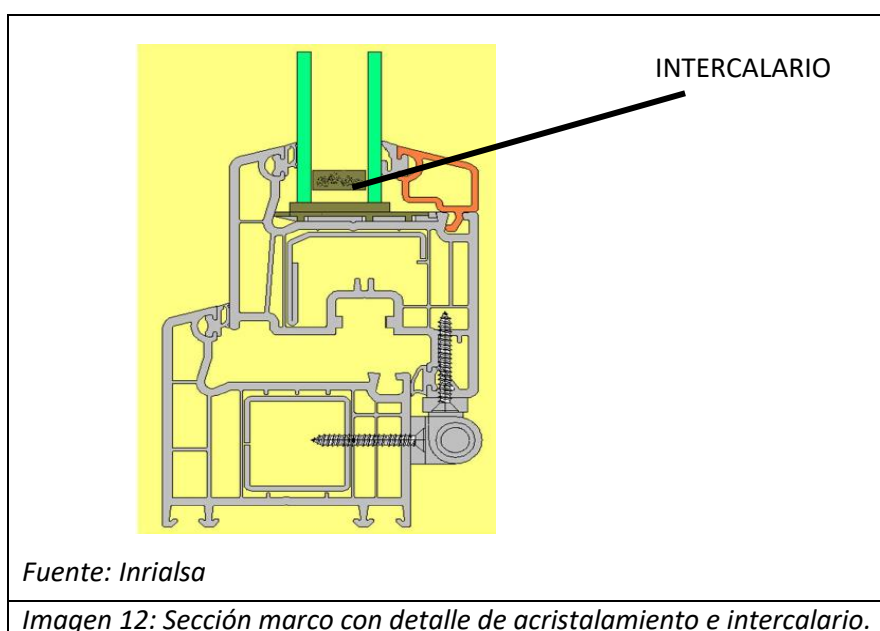
Imagen 11: Tipos de acristalamiento con transmitancias y su factor solar "g".

Para reducir los puentes térmicos que pueden llegar a producirse entre los vidrios y el marco de la ventana, se coloran:

- Intercalarios de borde caliente o warm-edge
- Separadores de PVC

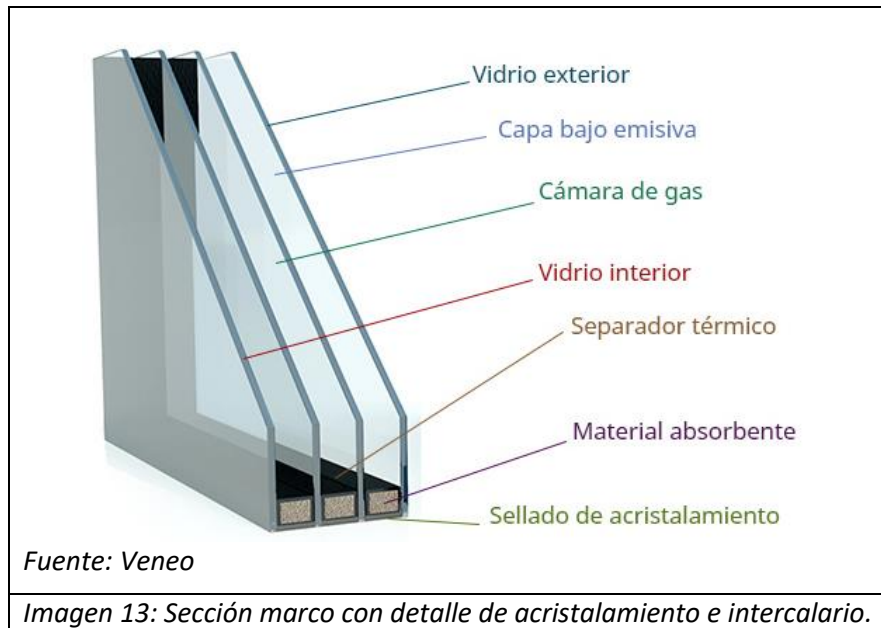
3.8.1.5.1 Intercalario de borde caliente o warm-edge

Estos perfiles intercalarios de borde caliente son un elemento muy importante para las ventanas y fachadas de ahorro energético. Estos ayudan de forma significativa a la rotura del puente térmico en el borde del vidrio.



3.8.1.5.2 Separadores de PVC

Es una pieza empleada tanto para separar como para unir dos vidrios limitando de forma perimetral la cámara de aire. Tradicionalmente, estas piezas eran de aluminio con superficie porosa con el fin de absorber la humedad generada por las condensaciones producidas en el interior de la cámara. Pero, como el aluminio es un material con alta conductividad térmica, genera un puente térmico lineal, se sustituye este material por PVC.

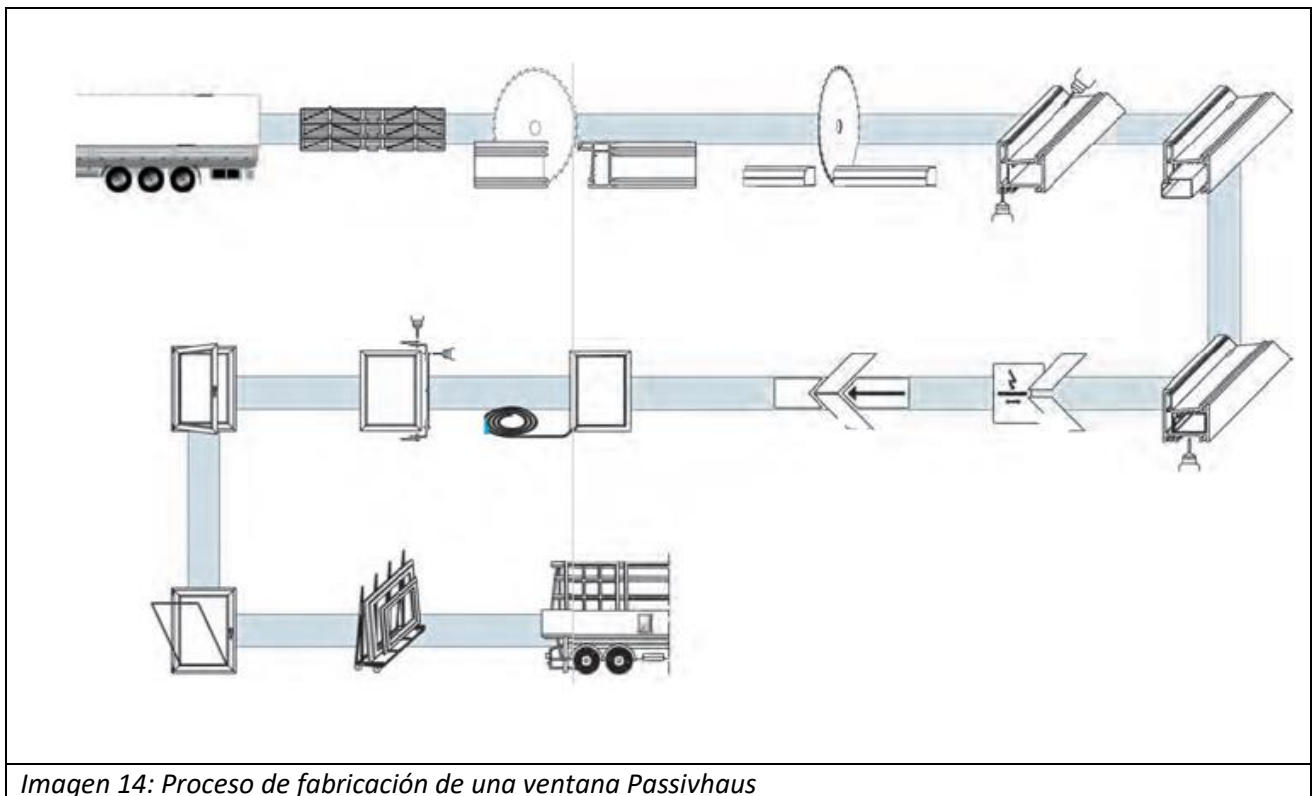


3.9 Planificación

Una ventana fabricada bajo este estándar se fabrica y luego se monta en obra. El proceso de fabricación de este tipo de ventanas no es en serie puesto que no es una ventana convencional. Antes de su fabricación, las dimensiones y las características, tales como el color del marco o el tipo de apertura, van a ser detalladas por el cliente. Una vez especificadas todas las características de la ventana, se procede a su fabricación:

1. Corte y mecanizado: es el comienzo de la fabricación, en este primer paso, llegan a fábrica las tiras de perfil de un máximo de 6 metros de longitud, esto quiere decir que en fábrica sólo se realizan procesos de corte y sellado, no se fabrican los componentes de la ventana. El proceso de corte y mecanizado se realiza dentro de una máquina cuya misión es, con ayuda de un programa de corte automatizado, cortar los perfiles a unas medidas específicas para cada tipo de ventana y realizar huecos y agujeros necesarios para el futuro montaje. En este momento también se realizan las operaciones de ranurado para los desagües y herrajes.
2. Corte de los refuerzos: estos refuerzos se colocan en el interior de los perfiles y se cortarán a medida dependiendo del trabajo anterior.
3. Introducción de los refuerzos en los perfiles.
4. Soldadura: tras el proceso de mecanizado, los perfiles pasan al proceso de soldadura. Este proceso consiste en el uso de una resina para unir todos los perfiles conformando ya el marco de la ventana. Dicha resina se calienta a cierta temperatura con la que va a ser más fácil trabajar, entonces, la máquina sujeta los cuatro perfiles, entre ellos, se coloca la resina. Es aquí cuando se realiza una fuerza de compresión entre los perfiles y la resina, dejando la máquina actuar durante el momento necesario para que la resina se endurezca.
5. Repasado: este proceso es la limpieza de ingletes con el fin de que las uniones queden perfectamente acabadas y la apariencia del marco sea de una pieza continua.
6. Colocación de juntas y herrajes: las juntas se colocan a presión en los canales y los herrajes, dependiendo del tipo de apertura de la ventana a fabricar, se atornillan en los lugares previstos.
7. Colocación de la hoja en el marco.
8. Colocación de los complementos, tales como: guías, vierteaguas, cajón de persiana...
9. Acristalamiento.
10. Almacenaje temporal del producto acabado: se colocarán en posición vertical embalada.

11. Transporte a la obra y colocación.



3.10 Orden de prioridad entre los documentos

Para este caso, se establece como orden de prioridad de los documentos del Proyecto los siguientes:

1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.

4 ANEXO I. CÁLCULOS.

4.1 Marco con anclajes

4.1.1 Fuerzas que tiene que soportar (incluyendo vibraciones y cargas de impacto)

Si es cierto que en el proceso de comprobación de la buena ejecución de la vivienda Passivhaus, uso del test Blower door (ya nombrado con anterioridad), en cierta medida, se ponen a prueba las ventanas ya que en esta prueba se ejerce una presión interior (50 Pa). Otro de los esfuerzos que tiene que soportar una ventana es la fuerza del viento, que variará en función de la altura que tenga respecto a la fachada en la que esté situada.

Resistencia al viento

Las ventanas y huecos de edificación son uno de los puntos más vulnerables de una vivienda en cuanto a filtraciones de aire del exterior, y, para minimizar estas molestias, la industria está en constante desarrollo.

La resistencia del viento de las ventanas y puertas se determina mediante ensayos según la norma UNE-EN 12211:2000 y la posterior clasificación de producto por la norma UNE-EN 12210:2000.

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia al viento de ventanas y puertas al someterlas a presiones positivas (empuje del viento) y negativas (fuerzas de succión). Este ensayo consta de tres partes:

1. Deformación y flecha máxima de la ventana o puerta (P1).
2. Presiones repetidas, positivas y negativas (P2) con 50 repeticiones en el ensayo.
3. Seguridad ante la apertura o rotura (P3).

En cuando a la clasificación, se clasifica en una escala de C1 a C5 siendo esta última la más resistente. Tras someter a tres pruebas el producto a ensayar a distintas presiones, se toman dos criterios:

- Fuga de aire por superficie del cerramiento.
- Fuga de aire por juntas de apertura.

| CLASE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Exxx |
|------------------|------------|----------|-------------|----------|-------------|-----------|
| VELOCIDAD VIENTO | 92 km/h | 130 km/h | 159 km/h | 184 km/h | 206 km/h | >206 km/h |
| PRESIÓN P1 | 400 Pa | 800 Pa | 1200 Pa | 1600 Pa | 2000 Pa | > 2000 Pa |
| PRESIÓN P2 | 200 Pa | 400 Pa | 600 Pa | 800 Pa | 1000 Pa | > 1000 Pa |
| PRESIÓN P3 | 600 Pa | 1200 Pa | 1800 Pa | 2400 Pa | 3000 Pa | > 3000 Pa |
| FLECHA | A (<1/150) | | B (1<1/200) | | C (1<1/300) | |

Respuesta a movimientos sísmicos y vibratorios

En cuanto a la respuesta de una ventana frente a sismos o vibraciones, el Ministerio de Fomento facilita una norma, la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). El objetivo de dicha norma es dar conocimientos sobre sismología e ingeniería sísmica con el fin de que todo elemento construido tenga buena reacción frente a fenómenos sísmicos.

Para el tema que concierne este proyecto, las ventanas son tratadas en dos apartados, como hueco y como carpintería exterior:

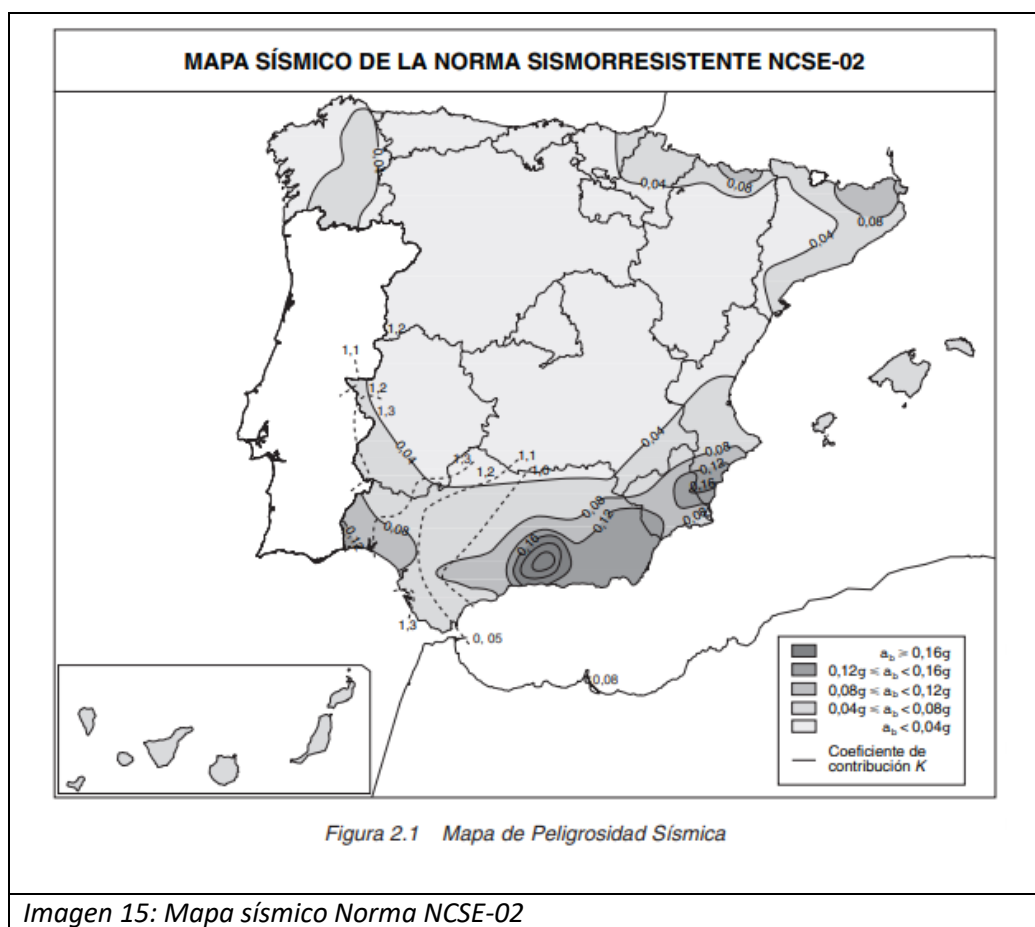
- Como hueco, añade que cuando $a_c \geq 0,12 \text{ g}$, los huecos de paso, puertas y ventanas en los muros resistentes estarán distribuidos en planta del modo más regular posible, superponiéndose los correspondientes a las distintas plantas.

a_c es la aceleración sísmica de cálculo, es una medida utilizada para conocer la aceleración que sufre la superficie del suelo, esta medida tiene un gran valor en ingeniería sísmica:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Siendo:

a_b la aceleración sísmica básica, que se encuentra en un mapa:



ρ coeficiente adimensional de riesgo que podrá ser:

$\rho = 1,0$ para construcciones de importancia normal

$\rho = 1,3$ para construcciones de importancia especial

S coeficiente de amplificación de terreno que será:

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$ $S = \frac{C}{1,25}$

Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$ $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$

Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$ $S = 1,0$

Siendo C el coeficiente del terreno:

TABLA 2.1.
Coeficientes del terreno

| Tipo de terreno | Coeficiente C |
|-----------------|---------------|
| I | 1,0 |
| II | 1,3 |
| III | 1,6 |
| IV | 2,0 |

En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200 \text{ m/s}$.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la tabla 2.1.

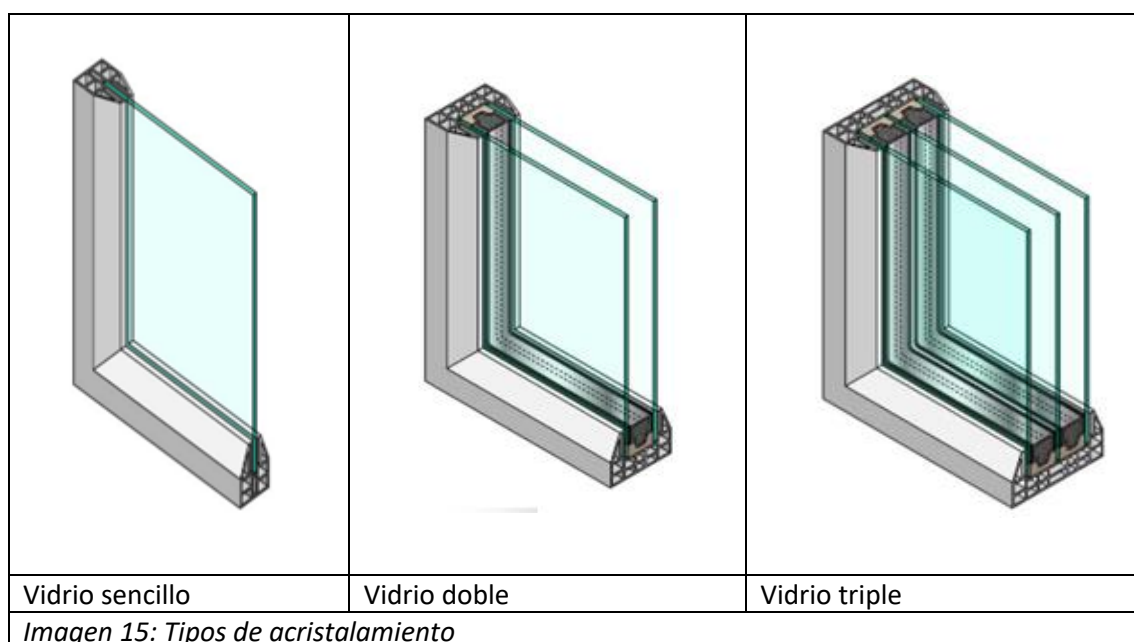
Imagen 16: Coeficiente del terreno y tipos de terreno según Norma NCSE-02

- Como carpintería exterior, para construcción de gran altura con grandes superficies acristaladas, deberán dimensionarse la altura de galce, los calzos y las juntas de acristalamiento de las ventanas con capacidad para absorber los movimientos que se produzcan en la carpintería por las oscilaciones de la construcción.

4.2 Tipos de acristalamiento (para uno, dos y tres vidrios, con distintos espesores y tipos de vidrio).

Uno de los elementos más importantes a la hora de fabricar una ventana es el tipo de acristalamiento que se va a colorar ya que este puede hacer que las propiedades de la ventana aumenten considerablemente. En una ventana convencional pueden darse una configuración del acristalamiento de un único vidrio (vidrio sencillo "monolítico") o doble acristalamiento con cámara. Pero en este caso, interesará más un doble acristalamiento bajo emisivo o un triple vidrio puesto que se intenta aumentar al máximo las propiedades de la ventana Passivhaus:

- Vidrio sencillo (monolítico), donde sólo se encuentra una única hoja de vidrio o varias hojas unidad entre sí. Es una opción con unas prestaciones térmicas muy bajas puesto que su transmitancia térmica roza el valor de $U=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ y su factor solar (g) en torno a 0,83.
- Vidrio de doble acristalamiento, que hace referencia a dos capas de vidrio separadas entre sí por una cámara de aire. Esa cámara de aire es la encargada de aumentar la capacidad aislante de este tipo de acristalamiento, provocando que su transmitancia térmica oscile sobre $U=3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ y el valor del factor solar (g) esté en torno a 0,75. Tanto el tamaño de los vidrios como de la cámara puede variar en función de las necesidades aislantes por lo que también provocara la variación del valor de su transmitancia térmica.
- Vidrio de triple acristalamiento, unidad de vidrio aislante formado por tres láminas de vidrio separados entre sí. Deben llevar asociadas al menos dos vidrios de baja emisividad en cada una de las cámaras para alcanzar un óptimo aislamiento. Las dos cámaras pueden ser de aire o gas (argón) que aumenta las prestaciones.
Si la composición es de 4-10-4-10-4 (vidrio-cámara-vidrio-cámara-vidrio) podrá obtener un valor U de hasta $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, en cambio, si se aumenta el tamaño de las cámaras a 4-20-4-20-4, U disminuirá hasta los $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.



4.2.1 Cálculo de resistencia a impactos

Se pretende clasificar los vidrios en función de sus prestaciones frente a impacto y su forma de rotura según la norma UNE-EN 12600:2003.

Con ello, se pretende señalar qué prestaciones tiene el vidrio frente al impacto de una persona con el fin de limitar los riesgos de corte o la posible caída de un desnivel mayor de 55 cm si se llega a producir la rotura del vidrio.

Es por ello que, cualquier vidrio que, de una forma u otra, pueda tener riesgo de sufrir golpes en cualquiera de sus caras, esa cara deberá clasificarse según la norma o disponer de una barrera para reducir el riesgo de choque.

La norma UNE-EN 12600:2003 clasifica los vidrios empleados en la edificación en función de:

1. Sus prestaciones frente al impacto: la clasificación por altura de caída que se valorará en función de la energía de impacto de la persona.
2. La forma de rotura: el sistema de clasificación está relacionado con el incremento de la seguridad de las personas mediante la reducción de las heridas del corte y punzonamiento y la contención del material.

El ensayo que explica la norma, somete al vidrio fijado a un marco al impacto de un péndulo neumático desde 3 alturas de caída distintas, simulando así el impacto de una persona contra el vidrio.

La clasificación de prestaciones del vidrio a impacto o frente a la resistencia a cuerpo pendular determinado de acuerdo a la norma europea UNE-EN 12600:2003 viene reflejada en el marcado CE del producto para los vidrios de seguridad.

4.2.2 Cálculo de transmitancias y dilataciones

4.2.2.1 Cálculo de transmitancias térmicas en función del tipo de acristalamiento

Para el cálculo de transmitancias y comparar valores dependiendo del tipo de acristalamiento, primero se fijan las secciones que se pretenden comparar:

- CASO 1: Vidrio sencillo de 4 mm de espesor
- CASO 2: Vidrio doble 4-6-4 mm de espesor
- CASO 3: Vidrio doble 4-12-4 mm de espesor
- CASO 4: Vidrio triple 4-20-4-20-4 mm de espesor

Por otra parte, hay que conocer el valor de la conductividad térmica del vidrio, del argón y del aire (λ [W/m K]):

| Conductividades térmicas de diversos materiales | |
|---|-----------|
| Materiales | λ |
| Aluminio | 237 |
| Acero | 47-58 |
| Ladrillo | 0,8 |
| Vidrio | 0,6-1 |
| Madera | 0,13 |
| Fibra de vidrio | 0,03-0,07 |
| Corcho | 0,03-0,04 |
| Aire | 0,02 |

***ACLARACIÓN:** La transmitancia térmica del vidrio está entre 0,6 y 1 W/K·m, por ello, para estos cálculos, se va a emplear el valor medio:
U vidrio = 0,8 W/K·m

Imagen 16: Conductividad térmica del vidrio

Otros valores de cálculo necesarios, serán las conductividades térmicas de los gases de la cámara del acristalamiento:

- Argón $\lambda = 0,01772$ W/(K·m)
- Aire $\lambda = 0,024$ W/(K·m)

Para calcular la transmitancia térmica de cada acristalamiento, se debe consultar el CTE DB-HE 1, donde se especifican los pasos que hay que seguir para calcular dicho valor:

1. La fórmula empleada para calcular la transmitancia de una sección es $U = \frac{1}{R_t}$
2. El valor R_t es la resistencia térmica total del componente y se obtiene de la fórmula:
 $R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$
3. Los valores R_{si} y R_{se} se obtiene de la siguiente tabla facilitada por el CTE:

| Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m ² ·K/ W | | |
|--|--|-------------------|
| Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor | | R_{se} R_{si} |
| Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal | | 0,04 0,13 |
| Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo) | | 0,04 0,10 |
| Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) | | 0,04 0,17 |

Imagen 17: DB-HE1 Resistencia térmicas superficiales

Como en este caso, todas las secciones son cerramientos verticales, los valores serán:

$$R_{si} = 0,04 \text{ y } R_{se} = 0,13$$

4. El valor R se calcula en función del espesor de la capa y la conductividad del material

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ (unidades en metros)}$$

Con todo ello, se comienza el estudio:

CASO 1: Vidrio sencillo de 4 mm de espesor

$$R_1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t1} = R_{se} + R_1 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,13 = 0,175 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,175 \text{ m}^2\text{K/W}} = 5,71 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

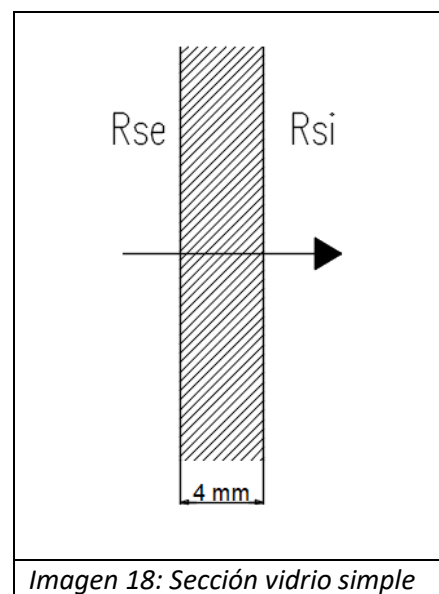


Imagen 18: Sección vidrio simple

CASO 2: Vidrio doble 4-6-4 mm de espesor

Cámara de aire con Argón:

$$R_1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_2 = \frac{0,006 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,338 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t2} = R_{se} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,338 + 0,005 + 0,13 = 0,518 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,518 \text{ m}^2\text{K/W}} = 1,930 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

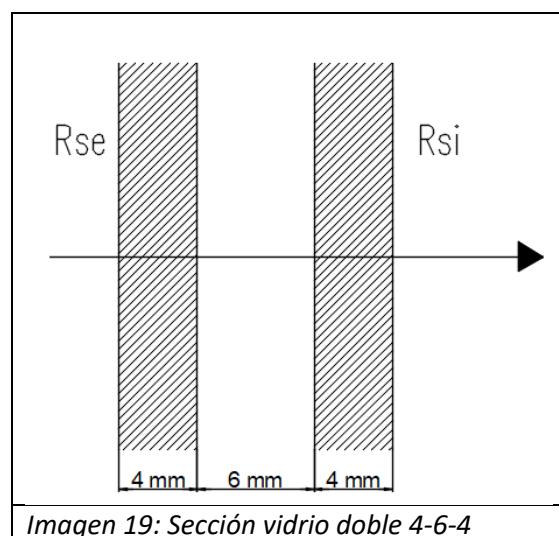


Imagen 19: Sección vidrio doble 4-6-4

Cámara de aire con Aire:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,006 \text{ m}}{0,024 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,25 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t2}' = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,25 + 0,005 + 0,13 = 0,43 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,43 \text{ m}^2\text{K/W}} = 2,325 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

CASO 3: Vidrio doble 4-12-4 mm de espesor

Cámara de aire con Argón:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,012 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,677 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t3} = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,677 + 0,005 + 0,13 = 0,857 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,857 \text{ m}^2\text{K/W}} = 1,167 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

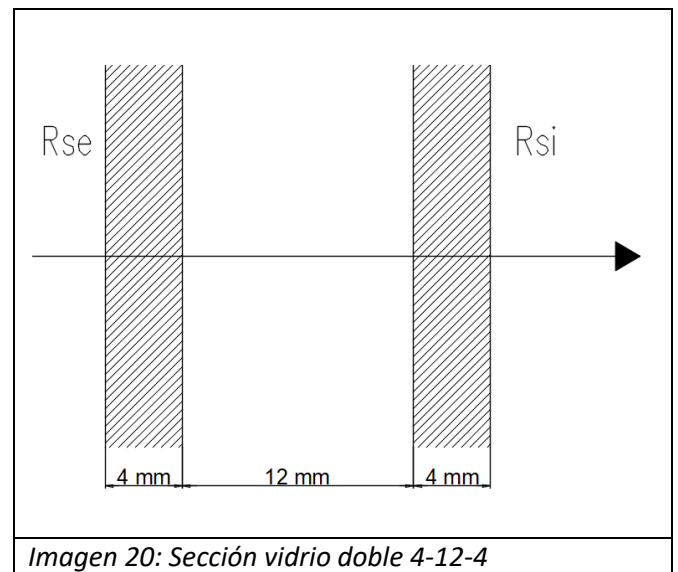


Imagen 20: Sección vidrio doble 4-12-4

Cámara de aire con Aire:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

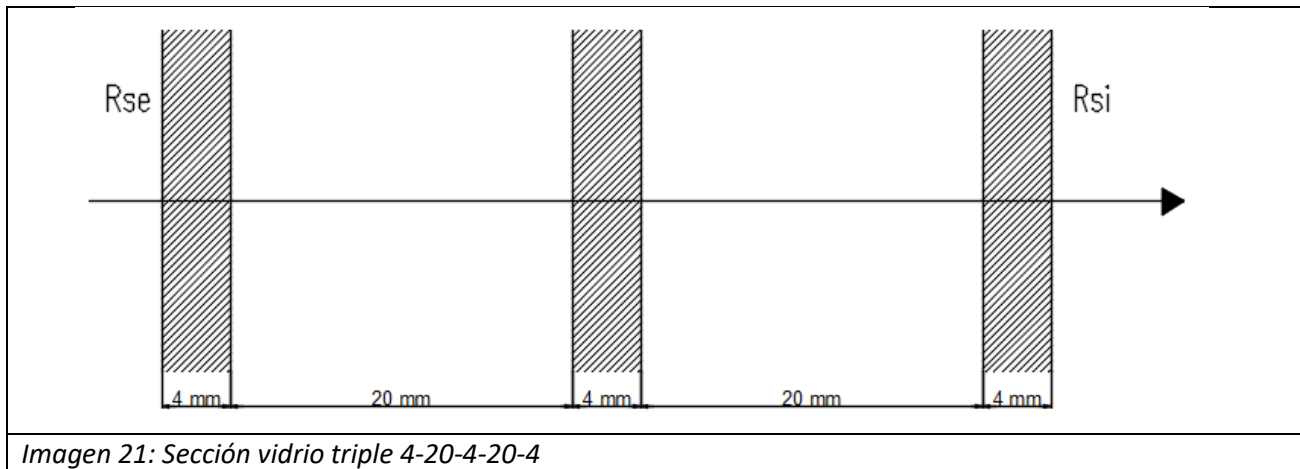
$$R2 = \frac{0,012 \text{ m}}{0,024 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,5 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t3}' = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,5 + 0,005 + 0,13 = 0,68 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,68 \text{ m}^2\text{K/W}} = 1,471 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

CASO 4: Vidrio tiple 4-20-4-20-4 mm de espesor



Cámara de aire con Argón:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 1,129 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R4 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 1,129 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R5 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t4} = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 1,129 + 0,005 + 1,129 + 0,005 + 0,13 = 2,443 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{2,443 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,409 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

Cámara de aire con Aire:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,024 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,833 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R4 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,024 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,833 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_5 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m})} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t4'} = R_{se} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} = 0,04 + 0,005 + 0,833 + 0,005 + 0,833 + 0,005 + 0,13 = 1,851 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

$$U = \frac{1}{1,851 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}} = 0,540 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

Una vez realizados los cálculos, se obtienen los siguientes resultados:

| | Monocapa de 4 mm | Vidrio doble 4-6 (aire)-4 | Vidrio doble 4-6 (Argón)-4 | Vidrio doble 4-12 (aire)-4 | Vidrio doble 4-12 (Argón)-4 | Vidrio triple 4-20-4-20-4 (aire) | Vidrio triple 4-20-4-20-4 (Argón) |
|----------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| U | 5,71 W/m ² K | 2,325 W/m ² K | 1,930 W/m ² K | 1,471 W/ m ² K | 1,167 W/ m ² K | 0,540 W/ m ² K | 0,409 W/ m ² K |

En la tabla se puede observar cómo la transmitancia térmica de las diferentes secciones va disminuyendo acorde van aumentando las capas de vidrio y aire/argón. A su vez, queda aclarada la diferencia que hay entre usar aire o un gas, como es el Argón, con fines aislantes puesto que el Argón tiene más características aislantes que es aire.

El cálculo anterior se ha realizado con un vidrio con cualidades estándar, ahora bien, en realidad, una ventana passivhaus siempre va a disponer de vidrios con más cualidades, como son los vidrios de baja emisividad (vidrios bajo emisivos), cuyas cualidades mejoradas son debidas a una capa de óxidos metálicos que hace que aumenten sus cualidades aislantes. Estos vidrios se van a colocar tanto en el contacto exterior como en el ambiente interior:

- En acristalamientos con vidrio doble, ambos vidrios van a ser bajo emisivos (4BE+6+4BE o 4BE+12+4BE).
- En acristalamientos con vidrio triple, el vidrio exterior y el vidrio interior van a ser bajo emisivos y el central estándar (4BE+20+4+20+4BE).

A continuación, se van a realizar los cálculos anteriores pero esta vez usando vidrios reales en cuanto al Passivhaus y como gas, únicamente el Argón.

Datos necesarios:

- Argón $\lambda = 0,01772 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m})$
- Vidrio bajo emisivo $\lambda = 0,5 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m})$

CASO 1: Vidrio doble (4BE-6 Argón-4BE)

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,006 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,338 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t2} = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R_{si} = 0,04 + 0,008 + 0,338 + 0,008 + 0,13 = 0,524 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,524 \text{ m}^2\text{K/W}} = 1,908 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

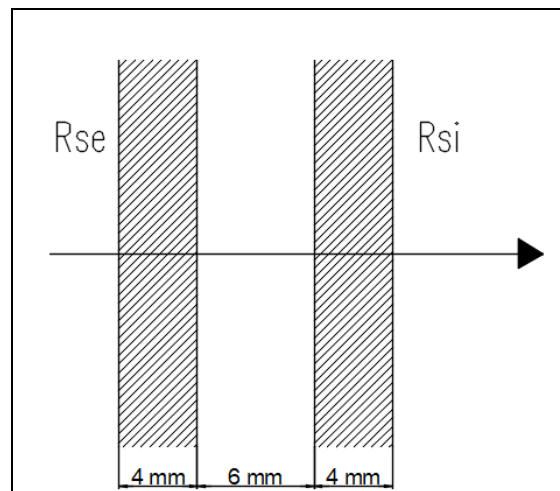


Imagen 22: Sección vidrio doble bajo emisivo 4BE-6-4BE

CASO 2: Vidrio doble (4BE-12 Argón-4BE)

Cámara de aire con Argón:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,012 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,677 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t3} = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R_{si} = 0,04 + 0,008 + 0,677 + 0,008 + 0,13 = 0,863 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,863 \text{ m}^2\text{K/W}} = 1,158 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

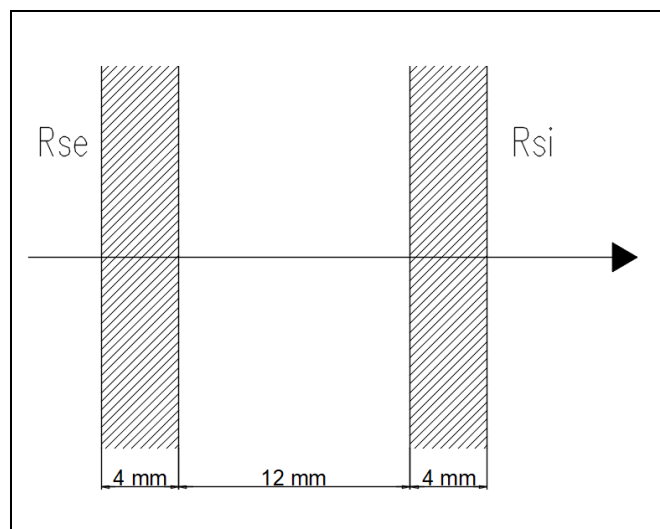
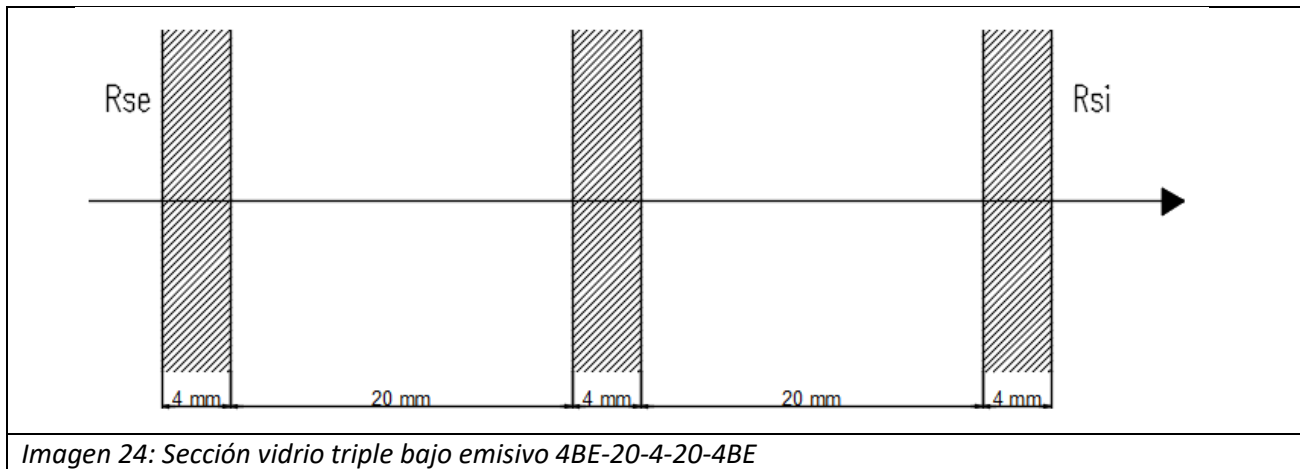


Imagen 23: Sección vidrio doble bajo emisivo 4BE-12-4BE

CASO 3: Vidrio triple (4BE-20 Argón-4-20 Argón-4BE)



Cámara de aire con Argón:

$$R1 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R2 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 1,129 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R3 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,8 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,005 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R4 = \frac{0,02 \text{ m}}{0,01772 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 1,129 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R5 = \frac{0,004 \text{ m}}{0,5 \text{ W/(K}\cdot\text{m)}} = 0,008 \text{ K m}^2/\text{W}$$

$$R_{t4} = R_{se} + R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R_{si} = 0,04 + 0,008 + 1,129 + 0,005 + 1,129 + 0,008 + 0,13 = 2,449 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{2,449 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,408 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

Con los nuevos cálculos se observan unas pequeñas mejoras:

| | Vidrio doble 4BE - 6(Argón) - 4BE | Vidrio doble 4BE - 12(Argón) - 4BE | Vidrio triple 4BE - 20(Argón) - 4 - 20(Argón) - 4BE |
|----------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| U | 1,908 W/m ² K | 1,158 W/m ² K | 0,408 W/ m ² K |

Con estos datos, y, comparándolos con los datos anteriores y, teniendo en cuenta la misma sección de acristalamiento, se concluye que siempre va a favorecer el uso del vidrio bajo emisivo tanto en el exterior como en el interior del cerramiento:

| Tipo de acristalamiento | Sección | U |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Vidrio doble | 4BE - 6(Argón) - 4BE | 1,908 W/m ² K |
| | 4 - 6(Argón) - 4 | 1,930 W/m ² K |
| Vidrio doble | 4BE - 12(Argón) - 4BE | 1,158 W/m ² K |
| | 4 - 12(Argón) - 4 | 1,167 W/m ² K |
| Vidrio triple | 4BE – 20(Argón) – 4 – 20(Argón) – 4BE | 0,408 W/ m ² K |
| | 4 – 20(Argón) – 4 – 20(Argón) – 4 | 0,409 W/ m ² K |

4.2.2.2 Dilataciones en la carpintería

En cualquier ficha técnica de sistemas y fabricantes de ventanas se dan valores excelentes en cuanto a este tema ya que es el objetivo de cualquier fabricante de ventanas es que las dimensiones de lo fabricado sean contantes en su vida útil.

El coeficiente de dilatación de los materiales indica la deformación o variación que sufre un material cuando es sometido a variaciones de temperatura. Cuanto mayor sea el coeficiente de dilatación lineal, mayores serán las deformaciones que va a sufrir y, con ello, menos estabilidad dimensional tendrá la ventana por lo que sus prestaciones disminuirán considerablemente.

Tanto la perfilería de PVC como el acristalamiento tienen su propio coeficiente de dilatación por lo que:

- La unión de dos materiales con diferente coeficiente de dilatación genera altas tensiones mecánicas entre ellos.
- El producto de sellado deberá resistir esos esfuerzos generados por las dilataciones.

El tamaño del sellado va a depender en gran medida de los materiales y del tamaño de los elementos que se unen. En carpintería, la junta entre el acristalamiento y los perfiles será de 5 a 20 mm en función del tamaño de esta.

Los coeficientes de dilatación que son necesarios conocer son:

- PVC $\alpha = 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Vidrio $\alpha = 0,5 - 9 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Acero galvanizado $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Con estos datos, se puede llegar a calcular el rango de movimiento de la junta que hay entre el perfil de PVC y el vidrio, siendo este un valor aproximado. Este valor se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_f = L_i (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Siendo:

- L_f , la longitud final del material (en m)
- α , el coeficiente de dilatación lineal del material (en $^{\circ}\text{C}^{-1}$)
- L_i , la longitud inicial del material (en m)

- ΔT la diferencia de temperatura máxima y mínima (en °C)

De igual modo, se puede calcular la dilatación volumétrica cuando el objetivo requiera un estudio de la variación del volumen:

$$V_f = V_i (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

Siendo:

- V_f , el volumen final del material (en m)
- $\gamma = 3 \cdot \alpha$ (en °C⁻¹)
- V_i , el volumen inicial del material (en m)
- ΔT la diferencia de temperatura máxima y mínima (en °C)

En este caso, como se quiere calcular las dilataciones que sufre el vidrio en una ventana, se va a calcular la dilatación volumétrica y así poder entender que esfuerzos aguantará la junta que hay entre el vidrio y el marco de la ventana.

En este supuesto, se va a estudiar la ventana tipo nombrada en el apartado de presupuesto, cuyas dimensiones son:

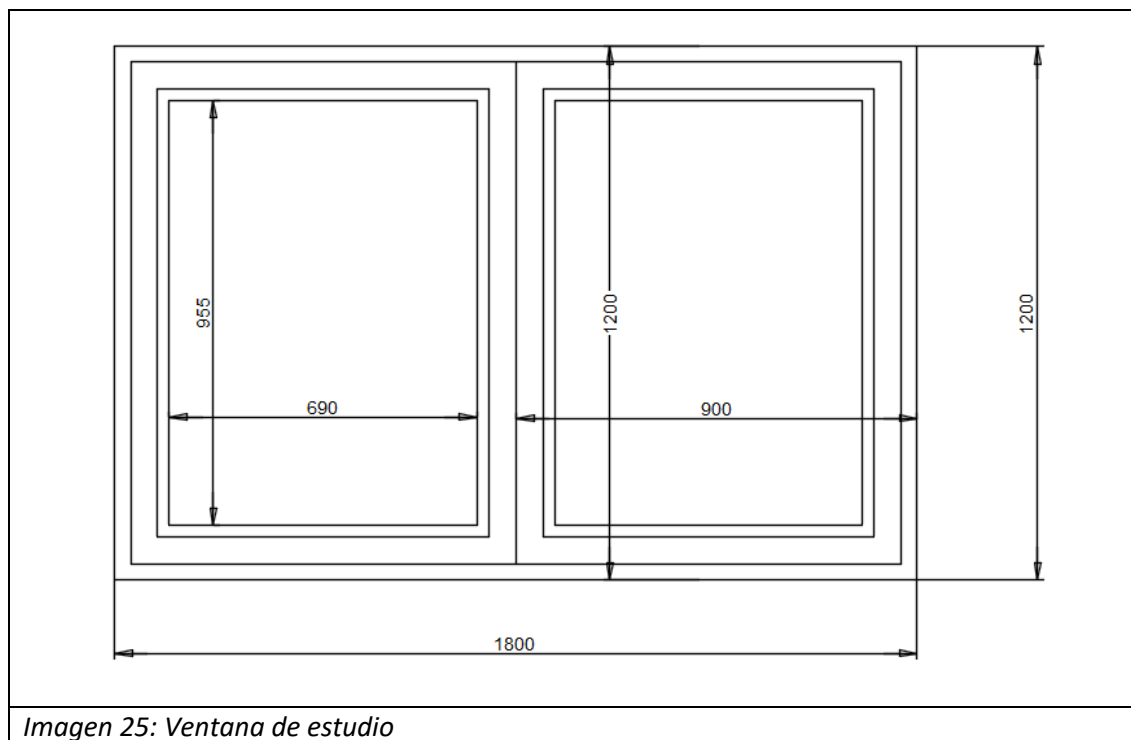


Imagen 25: Ventana de estudio

Un vidrio de esta ventana tiene unas dimensiones de 0,955 x 0,69 m con un espesor de 4 mm si se toma como acristalamiento uno monolítico y, si se toma un vidrio doble, 8 mm. Para el estudio de las dilataciones del vidrio de la ventana se van a realizar los dos casos, dándose a entender que en el vidrio doble sólo se tendrán en cuenta las dos capas de vidrio y no la capa intermedia de aire o argón.

Una vez aclarados los elementos de estudio, se comienza con el cálculo del volumen de cada acristalamiento y, con ello, el volumen final teniendo en cuenta la fórmula anteriormente nombrada:

$$V_f = V_i (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

Sabiendo que:

- V_i se calculará con las dimensiones reales del vidrio.
- $\gamma = 3 \cdot \alpha$
- ΔT se tomará una variación de temperatura de 20 °C (caso extremo)

CASO 1: acristalamiento sencillo (monolítico)

$$V_{f \text{ CASO 1}} = V_i (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

$$V_i = (0,69 \cdot 0,955 \cdot 0,004) \text{ m}^3 = 2,636 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3 \cdot \alpha = 3 \cdot 4,75 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 1,425 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$V_{f \text{ CASO 1}} = 2,636 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot (1 + 1,425 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$\underline{V_{f \text{ CASO 1}} = 2,636 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 2,64 \text{ mm}^3}$$

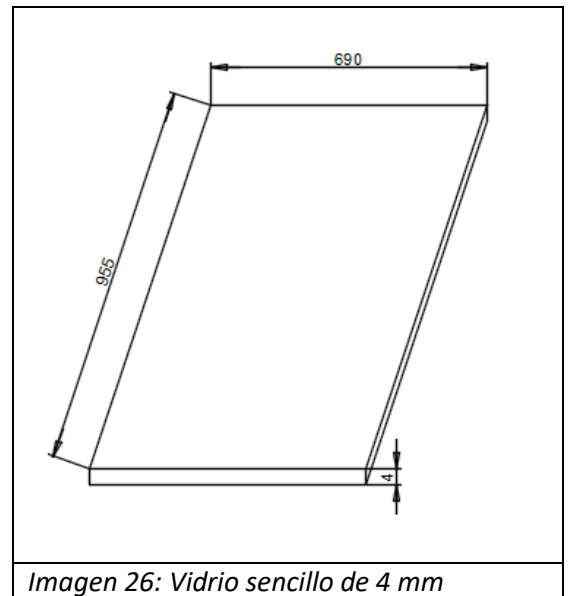


Imagen 26: Vidrio sencillo de 4 mm

CASO 2: acristalamiento doble

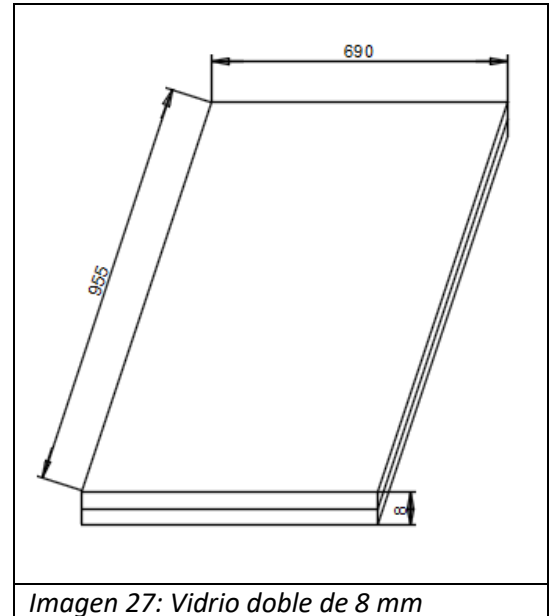
$$Vf_{CASO\ 2} = Vi (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

$$Vi = (0,69 \cdot 0,955 \cdot 0,008) \text{ m}^3 = 5,271 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3 \cdot \alpha = 3 \cdot 4,75 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 1,425 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$Vf_{CASO\ 2} = 5,271 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot (1 + 1,425 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$Vf_{CASO\ 2} = \underline{5,27 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 5,27 \text{ mm}^3}$$



Con esto, se concluye que el espesor es directamente proporcional a la dilatación del material y que el material, en cualquier caso, tanto el caso 1 como el caso 2, su variación de volumen es de un 0,15 % respecto a sus dimensiones iniciales.

Para conocer las tolerancias dimensionales de los perfiles de PVC en el proceso de fabricación, será necesario usar la fórmula anteriormente nombrada:

$$Lf = Li (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Siendo:

- Lf , la longitud final del material (en m)
- α , el coeficiente de dilatación lineal del material (en $^{\circ}\text{C}^{-1}$)
- Li , la longitud inicial del material (en m)
- ΔT la diferencia de temperatura máxima y mínima (en $^{\circ}\text{C}$)

Este cálculo se hará para el marco perimetral, el marco individual de cada vidrio, perfil que ajusta el vidrio al marco y el refuerzo metálico, cuyos coeficientes de dilatación son:

- PVC $\alpha = 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Acero galvanizado $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Vidrio $\alpha = 0,7 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Tolerancia dimensional marco perimetral de PVC (1800 mm x 1200 mm)

$$Lf1 = 1,8 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad Lf1 = 1,803 \text{ m} = 1.802,88 \text{ mm, tolerancia de 2,88 mm}$$

$$Lf2 = 1,2 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad Lf2 = 1,2019 \text{ m} = 1.201,92 \text{ mm, tolerancia de 1,92 mm}$$

Tolerancia dimensional marco individual de PVC (900 mm x 1200 mm)

$Lf3 = 0,9 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf3 = 0,90144 \text{ m} = 901,44 \text{ mm}$, tolerancia de 1,44 mm

$Lf4 = 1,2 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf4 = 1,2019 \text{ m} = 1.201,92 \text{ mm}$, tolerancia de 1,92 mm

Tolerancia dimensional perfil que ajusta el vidrio al marco de PVC (775 mm x 1072 mm)

$Lf5 = 0,775 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf5 = 0,77624 \text{ m} = 776,24 \text{ mm}$, tolerancia de 1,24 mm

$Lf6 = 1,072 \text{ m} \cdot (1 + 80 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf6 = 1,0737 \text{ m} = 1.073,72 \text{ mm}$, tolerancia de 1,72 mm

Tolerancia dimensional refuerzos metálicos (900 mm x 1800 mm y 1200 mm x 1072 mm)

$Lf7 = 0,9 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf7 = 0,9002 \text{ m} = 900,216 \text{ mm}$, tolerancia de 0,216 mm

$Lf8 = 1,8 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf8 = 1,80043 \text{ m} = 1.800,432 \text{ mm}$, tolerancia de 0,432 mm

$Lf9 = 1,2 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf9 = 1,2003 \text{ m} = 1.200,288 \text{ mm}$, tolerancia de 0,288 mm

$Lf10 = 1,072 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf10 = 1,07226 \text{ m} = 1.072,257 \text{ mm}$, tolerancia de 0,257 mm

Tolerancia dimensional vidrio (760 mm x 1060 mm)

$Lf11 = 0,76 \text{ m} \cdot (1 + 0,7 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf11 = 0,76 \text{ m} = 760,01 \text{ mm}$, tolerancia de 0,01 mm

$Lf12 = 1,06 \text{ m} \cdot (1 + 0,7 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$ $Lf12 = 1,06 \text{ m} = 1.060,015 \text{ mm}$, tolerancia de 0,01 mm

4.3 Cálculo del porcentaje de energía anual que se ahorra con:

4.3.1 Ventanas con el mismo marco y distintos acristalamientos

Para este caso, como el marco es el mismo, no se tiene en cuenta a la hora de realizar el estudio. Se van a tener en cuenta los cálculos hechos en el apartado 2.2.2.1., donde se han calculado las transmitancias de siete tipos de acristalamiento, obteniéndose los siguientes datos de transmitancias:

| | CASO 1 | CASO 2 | CASO 3 | CASO 4 | CASO 5 | CASO 6 | CASO 7 |
|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| | Monocapa de 4 mm | Vidrio doble 4-6 (aire)-4 | Vidrio doble 4BE-6 (Argón)-4BE | Vidrio doble 4-12 (aire)-4 | Vidrio doble 4BE-12 (Argón)-4BE | Vidrio triple 4-20-4-20-4 (aire) | Vidrio triple 4BE-20-4-20-4BE (Argón) |
| U | 5,71 W/m ² K | 2,325 W/m ² K | 1,908 W/m ² K | 1,471 W/ m ² K | 1,158 W/ m ² K | 0,540 W/ m ² K | 0,408 W/ m ² K |

Para el cálculo de las pérdidas que hay en una vivienda a causa del tipo de acristalamiento que tiene las ventanas que forman parte de dicha vivienda, se van a fijar unas características comunes:

- La vivienda es una vivienda de 120 m² con una superficie acristalada de 15 m².
- Dicha vivienda tiene una temperatura constante interior de 22 °C y, para el estudio, se va a fijar una temperatura exterior de 4 °C (variación de temperatura de 18 °C).

Con los datos anteriores y las transmitancias térmicas de cada tipo de acristalamiento, se pueden hacer unos cálculos estimados de la energía anual que se puede llegar a perder por la superficie acristalada de la vivienda tipo anterior. Para ello, se va a emplear la siguiente fórmula:

$$Q \text{ (kWh/día)} = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot U \text{ acristalamiento} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot A \text{ acristalada (m}^2\text{)} \cdot \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)}$$

CASO 1: Vidrio sencillo de 4 mm de espesor

$$Q_1 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 5,71 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 18 \text{ (}^\circ\text{C)}}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 37 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{1 \text{ ANUAL}} = 37 \text{ kWh/día} \cdot 30 \text{ (día/mes)} \cdot 12 \text{ (mes/año)} \rightarrow \underline{Q_{1 \text{ ANUAL}} = 13.320,29 \text{ kWh/año}}$$

CASO 2: Vidrio doble 4-6-4 mm de espesor (con aire)

$$Q_2 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 2,325 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 18 \text{ (}^\circ\text{C)}}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 15,06 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{2 \text{ ANUAL}} = 15,06 \text{ kWh/día} \cdot 30 \text{ (día/mes)} \cdot 12 \text{ (mes/año)} \rightarrow \underline{Q_{2 \text{ ANUAL}} = 5.423,76 \text{ kWh/año}}$$

CASO 3: Vidrio doble 4BE-6-4BE mm de espesor (con Argón)

$$Q_3 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 1,908 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 12,36 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{3 \text{ ANUAL}} = 12,36 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{3 \text{ ANUAL}} = 4.450,98 \text{ kWh/año}}$$

CASO 4: Vidrio doble 4-12-4 mm de espesor (con aire)

$$Q_4 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 1,471 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 9,53 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{4 \text{ ANUAL}} = 9,53 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{4 \text{ ANUAL}} = 3.431,55 \text{ kWh/año}}$$

CASO 5: Vidrio doble 4BE-12-4BE mm de espesor (con Argón)

$$Q_5 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 1,158 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 7,50 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{5 \text{ ANUAL}} = 7,50 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{5 \text{ ANUAL}} = 2.701,38 \text{ kWh/año}}$$

CASO 6: Vidrio triple 4-20-4-20-4 mm de espesor (con aire)

$$Q_6 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 0,540 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 3,50 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{6 \text{ ANUAL}} = 3,50 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{6 \text{ ANUAL}} = 1.259,71 \text{ kWh/año}}$$

CASO 7: Vidrio triple 4BE-20-4-20-4BE mm de espesor (con Argón)

$$Q_7 = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 0,408 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 2,64 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{7 \text{ ANUAL}} = 2,64 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{7 \text{ ANUAL}} = 951,78 \text{ kWh/año}}$$

Resultados:

| | CASO 1 | CASO 2 | CASO 3 | CASO 4 | CASO 5 | CASO 6 | CASO 7 |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Q (pérdidas) | Monocapa de 4 mm | Vidrio doble 4-6 (aire)-4 | Vidrio doble 4-6 (Argón)-4 | Vidrio doble 4-12 (aire)-4 | Vidrio doble 4-12 (Argón)-4 | Vidrio triple 4-20-4-20-4 (aire) | Vidrio triple 4-20-4-20-4 (Argón) |
| | 13.320,29 kWh/año | 5.423,76 kWh/año | 4.450,98 kWh/año | 3.431,55 kWh/año | 2.701,38 kWh/año | 1.259,71 kWh/año | 951,78 kWh/año |

Como se puede observar, cuanto mayor es la calidad del acristalamiento, menores son las pérdidas de energía. Si tenemos en cuenta que en una vivienda convencional dispone de ventanas de caso 1 y comparándola con una vivienda que tiene ventanas del caso 7, se puede dar un ahorro de energía de hasta el 92,85%. Mientras que, si tenemos una vivienda convencional con ventanas del caso 2 y la comparamos con una vivienda con ventanas del caso 7, se va a dar un ahorro energético de hasta un 82,45 %.

4.3.2 Ventana de PVC frente a una ventana de aluminio

Si en vez de estudiar sólo la parte del acristalamiento, se estudia la ventana completa, el estudio es totalmente diferente ya que se emplean más datos en el estudio puesto que existen pérdidas tanto en el marco como en el acristalamiento.

La transmitancia térmica de la ventana sirve para conocer el flujo de energía que hay a través de la ventana completa desde el lado caliente al frío.

$$U_H = \frac{A_{h,v} \cdot U_{h,v} + A_{h,m} \cdot U_{h,m} + l_v \cdot \Psi_v + A_{h,p} \cdot U_{h,p} + l_p \cdot \Psi_p}{A_{h,v} + A_{h,m} + A_{h,p}}$$

Siendo:

- U_H la transmitancia térmica del hueco [W/m^2K]
- $U_{h,v}$ la transmitancia térmica del acristalamiento [W/m^2K]
- $U_{h,m}$ la transmitancia térmica del marco [W/m^2K]
- $U_{h,p}$ la transmitancia térmica de la zona con panel opaco [W/m^2K]
- Ψ_v la transmitancia térmica lineal debido al acoplamiento entre marco y acristalamiento [W/mK]
- Ψ_p la transmitancia térmica lineal debido al acoplamiento entre marco y paneles opacos [W/mK]
- $A_{h,v}$ el área de la parte acristalada [m^2]
- $A_{h,m}$ el área del marco [m^2]
- $A_{h,p}$ el área de la parte con panel opaco [m^2]
- l_v la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m]
- l_p la longitud de contacto entre marco y paneles opacos [m]

Para este cálculo se va a usar la ventana anteriormente nombrada:

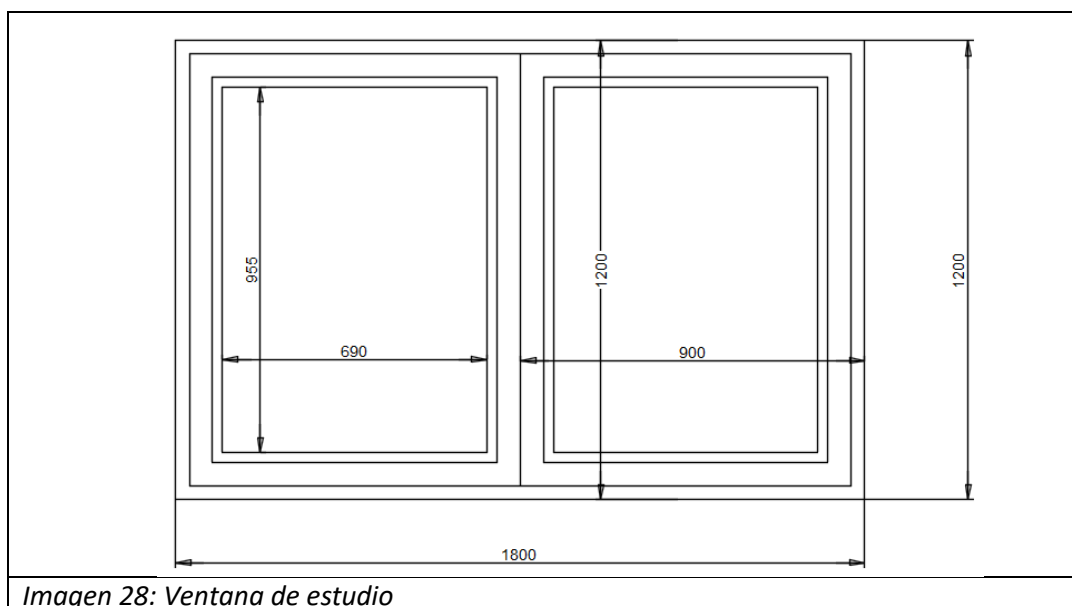


Imagen 28: Ventana de estudio

Y se van a hacer dos supuestos para observar cómo varían las pérdidas energéticas en función del material del marco y del vidrio:

- Caso 1: Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio doble 4-12 (Argón)-4.
- Caso 2: Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio triple 4BE-20 (Argón)-4-20-4BE.

Para la transmitancia térmica lineal, se encuentra una tabla en el Documento de Apoyo DB-HE 1 con los valores dependiendo del tipo de acristalamiento y del material del marco:

| Tabla 10 Transmitancia térmica lineal Ψ_p y Ψ_g en huecos* | | | |
|--|-------------------------------------|---|---|
| Material del marco | Acristalamiento o empanelado simple | Acristalamiento o empanelado doble o triple | Acristalamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad |
| Madera y plástico | 0,00 | 0,06 / 0,05 | 0,08 / 0,06 |
| Metálico con rotura de puente térmico | 0,00 | 0,08 / 0,06 | 0,11 / 0,08 |
| Metálico sin rotura de puente térmico | 0,00 | 0,02 / 0,01 | 0,05 / 0,04 |

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

Imagen 29: Transmitancia térmica lineal en huecos

En este caso:

- Para el caso 1: $\Psi_v = 0,06 \text{ W/mK}$
- Para el caso 2: $\Psi_v = 0,08 \text{ W/mK}$

Para las transmitancias térmicas del acristalamiento, datos obtenidos anteriormente:

- Para el caso 1: $U = 1,167 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- Para el caso 2: $U = 0,408 \text{ W/ m}^2\text{K}$

En cuanto a las transmitancias térmicas del marco, calculadas de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10077-1:

| Material del perfil | Transmitancia térmica U (W/m ² ·°K) |
|--|--|
| Metálico | 5,7 |
| Metálico RPT (4mm ≤ d < 12 mm) | 4 a 3,5 |
| Metálico RPT d ≥ 12 mm | 3,2 a 2,8 |
| Metálico RPT d > 24 mm | 2,5 |
| Madera dura (ρ = 700 Kg/m ³ y 60 mm de espesor) | 1,9 |
| Madera blanda (ρ = 500 Kg/m ³ y 60 mm de espesor) | 1,5 |
| Perfiles huecos de PVC (2 cámaras) | 2,2 |
| Perfiles huecos de PVC (3 cámaras) | 1,8 |
| Perfiles huecos de PVC (5 cámaras) | 1,4 a 1,3 |
| Perfiles huecos de PVC (6 cámaras) | 1,1 a 1,0 |

Imagen 30: Transmitancia térmica lineal del marco dependiendo del material

- Marco de PVC (6 cámaras): U = 1 W/ m²K
- Marco de aluminio: U = 3 W/ m²K

Para las áreas necesaria de estudio:

- Área acristalada: 2 vidrios · 0,955 m · 0,69 m = 1,32 m²
- Área del marco: (1,80 m · 1,20 m) – (2 · 0,955 m · 0,69 m) = 0,85 m²

Y, por último, para l_v, la longitud de contacto entre el marco y el acristalamiento, se obtiene con el perímetro de cada vidrio: l_v = 2 · (0,955 + 0,69 + 0,955 + 0,69) m = 6,58 m.

Con todos los datos obtenidos, se comienza con el estudio:

CASO 1. Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio doble 4-12 (Argón)-4.

Datos:

| Ψ _v | U _{H,v} (acristalamiento) | U _{H,M} PVC | U _{H,M} Aluminio | A _{H,v} | A _{H,M} | l _v |
|----------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 0,06 W/mK | 1,167 W/ m ² K | 1 W/ m ² K | 3 W/ m ² K | 1,32 m ² | 0,85 m ² | 6,58 m |

$$\text{Ventana de aluminio: } U_H = \frac{1,32 \text{ m}^2 \cdot 1,167 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 0,85 \text{ m}^2 \cdot 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 6,58 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ W/mK}}{1,32 \text{ m}^2 + 0,85 \text{ m}^2}$$

$$U_H (\text{caso 1, aluminio}) = 2,067 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Ventana de PVC: } U_H = \frac{1,32 \text{ m}^2 \cdot 1,167 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 0,85 \text{ m}^2 \cdot 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 6,58 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ W/mK}}{1,32 \text{ m}^2 + 0,85 \text{ m}^2}$$

$$U_H (\text{caso 1, PVC}) = 1,284 \text{ W/m}^2\text{K}$$

CASO 2. Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio triple 4-20 (Argón)-4-20-4.

Datos:

| Ψ_V | $U_{H,V}$ (acristalamiento) | $U_{H,M}$ PVC | $U_{H,M}$ Aluminio | $A_{H,V}$ | $A_{H,M}$ | l_v |
|-----------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 0,08 W/mK | 0,408 W/ m ² K | 1 W/ m ² K | 3 W/ m ² K | 1,32 m ² | 0,85 m ² | 6,58 m |

$$\text{Ventana de aluminio: } U_H = \frac{1,32 \text{ m}^2 \cdot 0,408 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 0,85 \text{ m}^2 \cdot 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 6,58 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/mK}}{1,32 \text{ m}^2 + 0,85 \text{ m}^2}$$

$$U_H (\text{caso 2, aluminio}) = 1,666 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Ventana de PVC: } U_H = \frac{1,32 \text{ m}^2 \cdot 0,408 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 0,85 \text{ m}^2 \cdot 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 6,58 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ W/mK}}{1,32 \text{ m}^2 + 0,85 \text{ m}^2}$$

$$U_H (\text{caso 2, PVC}) = 0,882 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Como en el apartado anterior 2.3.1., se van a tener en cuenta para el cálculo de las pérdidas que hay en una vivienda a causa del tipo de acristalamiento que tiene las ventanas que forman parte de dicha vivienda, se van a fijar unas características comunes:

- La vivienda es una vivienda de 120 m² con una superficie acristalada de 15 m².
- Dicha vivienda tiene una temperatura constante interior de 22 °C y, para el estudio, se va a fijar una temperatura exterior de 4 °C (variación de temperatura de 18 °C).

Con los datos anteriores y las transmitancias térmicas de cada tipo de ventana, se pueden hacer unos cálculos estimados de la energía anual que se puede llegar a perder por la superficie acristalada de la vivienda tipo anterior. Para ello, se va a emplear la siguiente fórmula:

$$Q \text{ (kWh/día)} = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot U_{\text{ventana}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot A_{\text{acristalada}} (\text{m}^2) \cdot \Delta T (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)}$$

CASO 1. Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio doble 4-12 (Argón)-4.

$$Q_{1,1}(\text{ALUMINIO}) = \frac{24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 2,067 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) \cdot 15 (\text{m}^2) \cdot 18 (^\circ\text{C})}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{kW}} \right)} = 13,39 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{1,1} \text{ ANUAL (ALUMINIO)} = 13,39 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{1,1} \text{ ANUAL (ALUMINIO)} = 4.821,90 \text{ kWh/año}}$$

$$Q_{1,2(PVC)} = \frac{24 \frac{h}{día} \cdot 1,284 \left(\frac{W}{m^2 K} \right) \cdot 15 (m^2) \cdot 18 (°C)}{1000 \left(\frac{W}{kW} \right)} = 8,32 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{1,2 \text{ ANUAL (PVC)}} = 8,32 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{1,2 \text{ ANUAL (PVC)}} = 2.995,32 \text{ kWh/año}}$$

Para este caso, el cambio de ventana de aluminio a una de PVC supondría en la vivienda tipo un ahorro energético del 37,88 %

CASO 2. Ventana de aluminio y ventana de PVC con vidrio triple 4BE-20 (Argón)-4-20-4BE.

$$Q_{2,1(ALUMINIO)} = \frac{24 \frac{h}{día} \cdot 1,666 \left(\frac{W}{m^2 K} \right) \cdot 15 (m^2) \cdot 18 (°C)}{1000 \left(\frac{W}{kW} \right)} = 10,80 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{2,1 \text{ ANUAL (ALUMINIO)}} = 10,80 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{2,1 \text{ ANUAL (ALUMINIO)}} = 3.886,45 \text{ kWh/año}}$$

$$Q_{2,2(PVC)} = \frac{24 \frac{h}{día} \cdot 0,882 \left(\frac{W}{m^2 K} \right) \cdot 15 (m^2) \cdot 18 (°C)}{1000 \left(\frac{W}{kW} \right)} = 5,72 \text{ kWh/día}$$

$$Q_{2,2 \text{ ANUAL (PVC)}} = 5,72 \text{ kWh/día} \cdot 30 (\text{día/mes}) \cdot 12 (\text{mes/año}) \rightarrow \underline{Q_{2,2 \text{ ANUAL (PVC)}} = 2.057,53 \text{ kWh/año}}$$

Por otro lado, el cambio de ventana de aluminio a una de PVC mejorando las características del acristalamiento supondría en la vivienda tipo un ahorro energético del 47,06 %

4.4 Comprobación del cumplimiento de CTE y normas UNE

4.4.1 DB-HE 0. Limitación del consumo energético

Con las modificaciones realizadas en el Código Técnico de la Edificación con el fin de beneficiar al estándar Passivhaus, este documento incluye las limitaciones de consumo de energía no renovable y totales dependiendo de la zona climática de invierno, Logroño es una zona climática D2.

El consumo de energía no renovable se refiere a la energía cuyas reservas son limitadas como es el petróleo o el gas natural mientras que el consumo de energía primaria total se refiere a las renovables y no renovables, siendo las renovables las que provienen de fuentes inagotables (energía solar o eólica).

Este documento básico está directamente relacionado con el tema del proyecto puesto que cuanto más calidad tengan las carpinterías instaladas en la vivienda, menos consumo de energía demandará la vivienda.

| Tabla 3.1.a - HE0 Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado | | | | | | |
|--|----------------------------|----|----|----|----|----|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | 20 | 25 | 28 | 32 | 38 | 43 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 40 | 50 | 55 | 65 | 70 | 80 |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25 | | | | | | |

Imagen 31: DB-HE 0. Límite de energía primaria no renovable

En cuanto a las limitaciones de energía primaria no renovable, dependerá del tipo de edificio:

- Si es nuevo: $C_{ep,nren,lim} = 38 \text{ kW·h/m}_2\cdot\text{año}$.
- Si es reformado o cambia de uso: $C_{ep,nren,lim} = 70 \text{ kW·h/m}_2\cdot\text{año}$.

| Tabla 3.2.a - HE0 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado | | | | | | |
|---|----------------------------|----|----|----|-----|-----|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | 40 | 50 | 56 | 64 | 76 | 86 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 55 | 75 | 80 | 90 | 105 | 115 |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15 | | | | | | |

Imagen 32: DB-HE 0. Limitación del consumo de energía primaria total

Para la limitación del consumo de energía primaria total (tanto renovable como no renovable):

- Si es nuevo: $C_{ep,tot,lim} = 76 \text{ kW·h/m}^2\cdot\text{año}$.
- Si es reformado o cambia de uso: $C_{ep,tot,lim} = 105 \text{ kW·h/m}^2\cdot\text{año}$.

4.4.2 DB-HE 1. Condiciones para el control de la demanda energética

Este documento básico limita las transmitancias térmicas de cualquier elemento constructivo con el fin de controlar la demanda energética.

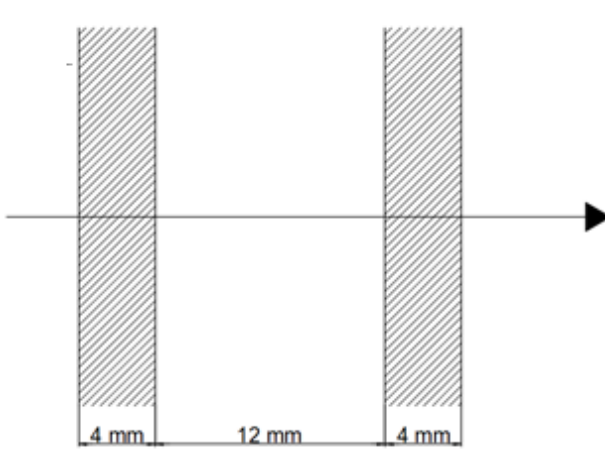
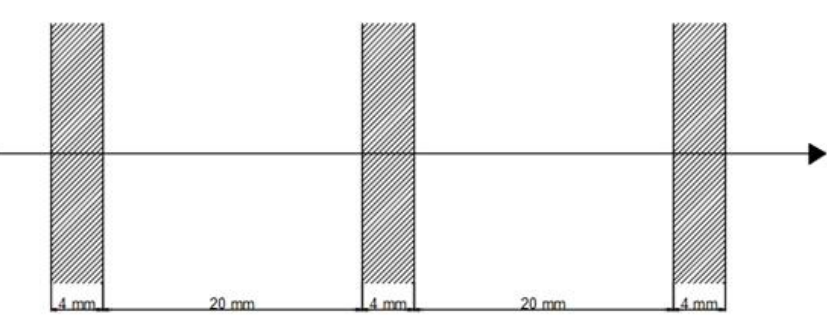
Para el punto de transmitancia de la envolvente térmica, incorpora valores límite de transmitancias térmicas para distintos elementos:

| Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K] | | | | | | |
|--|----------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Elemento | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_M) | 0,80 | 0,70 | 0,56 | 0,49 | 0,41 | 0,37 |
| Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C) | 0,55 | 0,50 | 0,44 | 0,40 | 0,35 | 0,33 |
| Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) | 0,90 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,59 |
| Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MP}) | | | | | | |
| Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)* | 3,2 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 1,8 | 1,80 |
| Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50% | | | | 5,7 | | |
| *Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%. | | | | | | |

Imagen 33: DB-HE 1. Valores límite de transmitancia térmica en cada elemento

Según esta tabla, el valor límite de la transmitancia térmica de una ventana instalada en una vivienda situada en Logroño tiene que ser como máximo de $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, es decir, toda ventana que no cumpla esta exigencia deberá ser reemplazada.

Entonces, según el apartado 2.3.2. de este documento y el valor máximo limitado por el Código Técnico de la Edificación:

| CASO 1: doble vidrio 4-12 (argón)-4 | | CASO 2: triple vidrio 4BE-20 (argón)-4-20 (argón)-4BE | |
|---|--|--|--|
| ALUMINIO | PVC | ALUMINIO | PVC |
|  | |  | |
| $U = 2,067 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U = 1,753 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U = 1,666 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $U = 1,353 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| $2,067 \text{ W/m}^2\text{K} > 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $1,753 \text{ W/m}^2\text{K} < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $1,666 \text{ W/m}^2\text{K} < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $1,353 \text{ W/m}^2\text{K} < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| NO CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE |

En cuanto a la permeabilidad al aire, el DB-HE 1 añade que las soluciones constructivas de los elementos de la envolvente térmica deberán asegurar una adecuada estanqueidad al aire. La permeabilidad al aire (Q_{100}) de los huecos que pertenezcan a la envolvente térmica no tienen que superar el valor límite de la tabla siguiente:

| Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,lim} [\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2]$ | | | | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$) [*] | ≤ 27 | ≤ 27 | ≤ 27 | ≤ 9 | ≤ 9 | ≤ 9 |
| [*] La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} . Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ($\leq 27 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) y clase 3 ($\leq 9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana. | | | | | | |

Imagen 34: DB-HE 1. Valores límite de permeabilidad al aire de huecos

4.4.3 Permeabilidad al aire según norma UNE EN 12207:2000

Según la norma, la permeabilidad al aire es la cantidad de aire que pasa que pasa a través de una ventana debido a la presión de ensayo midiéndose en m^3/h .

El ensayo se realiza usando la norma europea UNE-EN 1026:2000, mientras que la norma UNE EN 12207:2000 establece la clasificación basándose en una comparación de la permeabilidad al aire de la muestra de ensayo por referencia a la superficie total y su permeabilidad al aire por referencia a la longitud de la junta de apertura.

Los pasos para la ejecución de este ensayo son:

1. Se abren y cierran los elementos de la ventana para colocarla en la posición final.
2. Se realizan tres pulsaciones de presión (10% de la presión máxima o a 500 Pa si se opta por el valor más elevado). La primera presión se deberá mantener 3 segundos, después, se aplicarán escalones de presión de 50 Pa hasta 300 Pa y, a partir de aquí, los escalones pasan a ser de 150 Pa.
3. No hay tiempo para cada escalón de presión, este tiempo lo limitará la máquina de estudio e irá tomando datos.
4. Una vez realizada la prueba y obtenidos los resultados, la ventana se clasificará respecto a la superficie y longitud de junta.

Esta norma aporta una gráfica con diferentes zonas en las que se mueven las infiltraciones según la presión del viento y el caudal en m^3 :

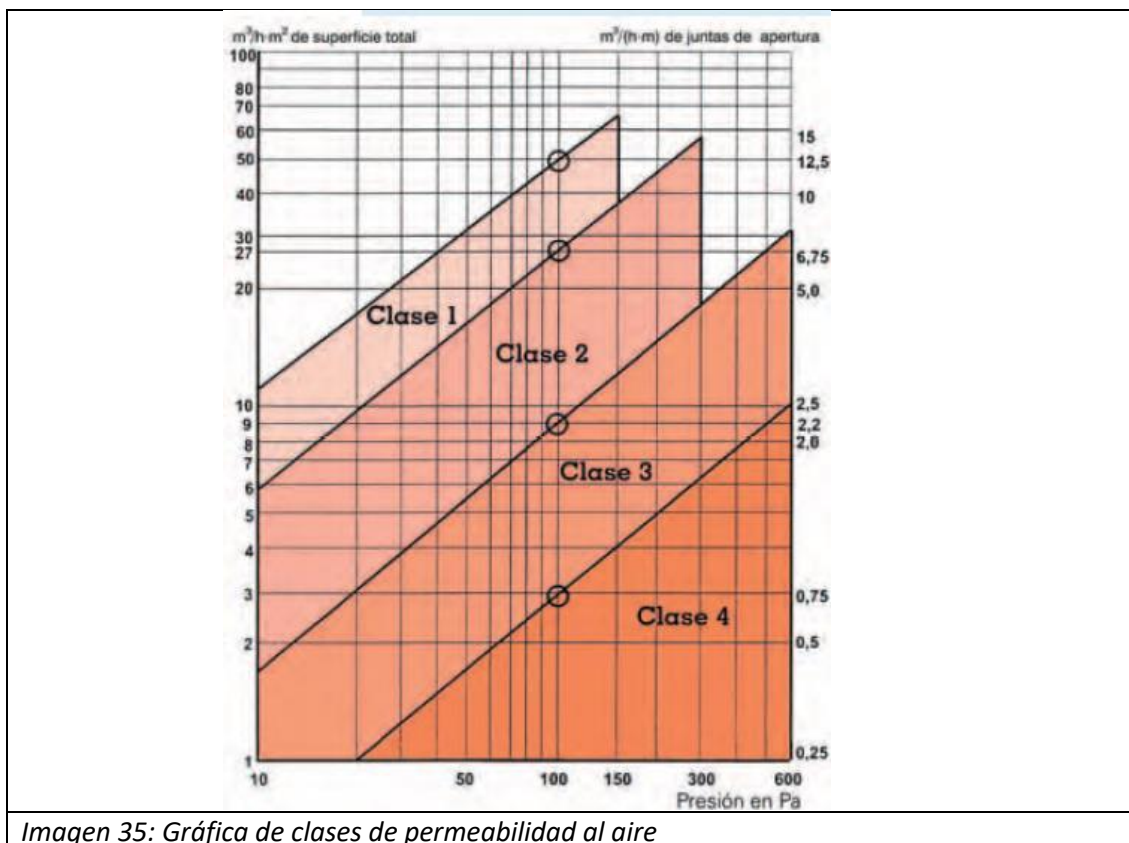


Imagen 35: Gráfica de clases de permeabilidad al aire

Según la norma, la permeabilidad al aire de una ventana se clasifica en:

| CLASE | PRESIÓN MÁXIMA DE ENSAYO (PA) | PERMEABILIDAD AL AIRE DE REFERENCIA A 100 PA | |
|-------|-------------------------------|--|---------------------------------|
| | | POR SUPERFICIE TOTAL (m³/h·m²) | POR LONGITUD DE JUNTAS (m³/h·m) |
| 0 | No ensayada | | |
| 1 | 150 | 50 | 12,50 |
| 2 | 300 | 27 | 6,75 |
| 3 | 600 | 9 | 2,25 |
| 4 | 600 | 3 | 0,75 |

Tabla 1. Clasificación de la permeabilidad al aire de una ventana según la norma europea UNE-EN 12207

Imagen 36: Clasificación permeabilidad al aire

Y, cómo la tabla 3.1.3.a del DB-HE 1 limita la permeabilidad al aire de los huecos a $9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, se entiende que una ventana de altas prestaciones Passivhaus tiene que ser, como mínimo, de **clase 3** o **clase 4** para que cumpla con el Código Técnico de la Edificación.

4.4.4 Estanqueidad al agua según norma UNE EN 12208:2000

Según la norma, la estanqueidad al agua de una carpintería cerrada se define como su capacidad para resistir a la penetración de agua. Se considera penetración de agua al humedecimiento continuo o repentino de la cara interior de la carpintería o de partes no diseñadas para ser mojadas cuando el agua drena hacia la cara exterior.

En la norma europea UNE-EN 1027:2000 define el método que se usa para determinar la estanqueidad al agua en ventanas y puertas de cualquier material. Este método se desarrollada de la siguiente manera:

1. Se fijan las ventanas de estudio.
2. Se colocan las baterías de boquillas de rociado cuyo caudal dependerá del tipo de ensayo:
 - Método A: ventana expuesta $2\pm 0,2 \text{ l/min}$ por boquilla
 - Método B: ventana protegida $1\pm 0,1 \text{ l/min}$ por boquilla
3. En la fase de rociado, en primer lugar, se mantiene la presión durante 15 minutos a 0 Pa, después la presión irá aumentando cada 5 minutos en escalones de 50 Pa hasta los 300 Pa y a partir de aquí, los escalones serán de 150 Pa, como se muestra en el gráfico:

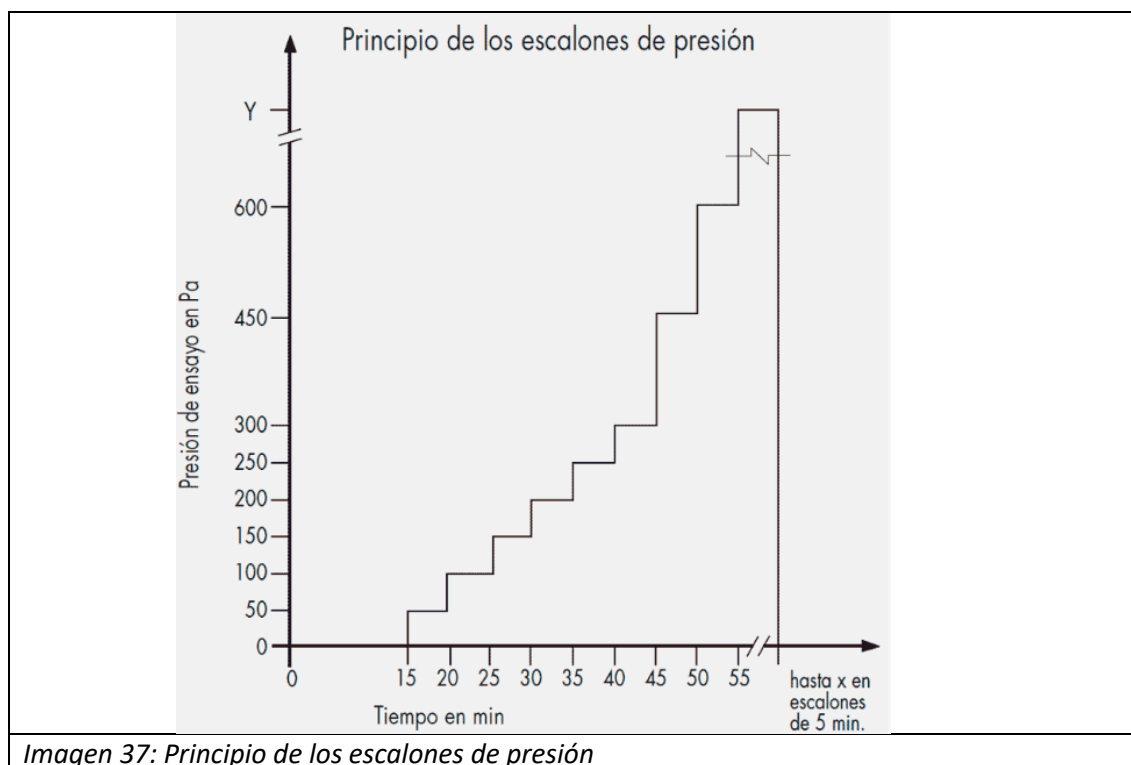


Imagen 37: Principio de los escalones de presión

En cuanto a la norma UNE-EN 12208:2000 establece la clasificación de ventanas y puertas ensayadas:

| Presión de ensayo | | Clasificación | | Especificaciones |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| Pmax. En Pa ^{a)} | Método de Ensayo A | Método de ensayo B | | |
| - | 0 | 0 | | Sin requisito |
| 0 | 1A | 1B | | Rociado de agua durante 15 min. |
| 50 | 2A | 2B | | Como clase 1 + 5 min. |
| 100 | 3A | 3B | | Como clase 2 + 5 min. |
| 150 | 4A | 4B | | Como clase 3 + 5 min. |
| 200 | 5A | 5B | | Como clase 4 + 5 min. |
| 250 | 6A | 6B | | Como clase 5 + 5 min. |
| 300 | 7A | 7B | | Como clase 6 + 5 min. |
| 450 | 8A | - | | Como clase 7 + 5 min. |
| 600 | 9A | - | | Como clase 8 + 5 min. |
| >600 | Exxx | - | | Por encima de 600 Pa en escalones de 150 Pa, la duración de cada escalón será 5 min. |

NOTA El método A es apropiado para productos que estén totalmente expuestos.
El método B es apropiado para productos que estén parcialmente protegidos.

a) Después de 15 min a presión cero y después de 5 min en los escalones siguientes.

Imagen 38: Clasificación de estanqueidad al agua

Imagen 38: Clasificación de estanqueidad al agua

Teniendo en cuenta el estudio de permeabilidad al aire en el que la presión máxima de estudio ha sido de 600 Pa, la ventana Passivhaus será de una **clase 9A**.

4.4.5 Resistencia al viento según norma UNE EN 12211:2000

La resistencia al viento de las ventanas se determina mediante el ensayo con la norma UNE EN 12211:2000 y la clasificación de la da la norma UNE-EN 12210:2000.

Este ensayo somete a la ventana a tres pruebas de presión:

- Una para deformación (P1)
- Otra para presión repetida (positiva y negativa) (P2)
- Y otra de seguridad (P3)

Durante el proceso, se realizan mediciones e inspecciones para determinar la flecha frontal relativa y la resistencia al deterioro por las cargas de viento. Una vez realizado el ensayo, la norma aporta dos tablas, una en la que establece 5 categorías según las presiones de ensayo y la otra tabla añade 3 tipos en función de la flecha máxima.

Tabla 1

Clasificación de la carga de viento

| Clase | P1 | P2 ^{a)} | P3 |
|--------------------|-------------|------------------|------|
| 0 | No ensayada | | |
| 1 | 400 | 200 | 600 |
| 2 | 800 | 400 | 1200 |
| 3 | 1200 | 600 | 1800 |
| 4 | 1600 | 800 | 2400 |
| 5 | 2000 | 1000 | 3000 |
| Exxx ^{b)} | xxxx | | |

Tabla 2

Clasificación de la flecha relativa frontal

| Clase | Flecha relativa frontal |
|-------|-------------------------|
| A | <1/150 |
| B | <1/200 |
| C | <1/300 |

Imagen 39: Clasificación de resistencia al viento

Para una ventana Passivhaus, lo más recomendable será que ronde la **clase C5/B5** puesto que será la más resistente al viento con menos deformación.

4.5 Ficha de comprobación final

Una vez finalizado tanto el proceso de fabricación de la ventana como su puesta en obra, es aconsejable verificar que todo el trabajo está correcto usando para ello una ficha final:

| VERIFICACIÓN | CONTENIDO | SI | NO |
|--|--|----|----|
| MARCO NORMATIVO Y REGLAMENTARIO | | | |
| Marcado CE | ¿La ventana dispone de marcado CE? | | |
| Marca voluntaria de calidad | ¿La ventana dispone de una marca voluntaria de calidad de la empresa? | | |
| Etiqueta de Eficiencia energética de ventanas | ¿La ventana tiene dicha etiqueta? | | |
| Código Técnico de la Edificación | ¿Esta ventana cumple con los requisitos establecidos en el CTE? | | |
| FASE PREVIA A LA INSTALACIÓN | | | |
| Control de recepción | Al llegar a obra, comprobar que la ventana llega sin defectos | | |
| | Controlar que la documentación está en orden | | |
| | Descarga de la mercancía se realiza con precaución | | |
| | Identificación de la mercancía | | |
| Entrada en obra | Toda la documentación de obra está en regla | | |
| | Disposición de todos los elementos de seguridad necesarios para realizar el trabajo y se siguen todas las pautas del plan de Seguridad y Salud establecido | | |
| Almacenamiento | Almacenamiento en vertical en una superficie limpia y segura | | |
| | La ventana está protegida frente al sol y a la lluvia | | |
| Lugar de trabajo | Lugar de trabajo en condiciones óptimas para realizar todos los trabajos | | |
| Instalación | Buena colocación de premarco y bien ajustado al hueco asignado | | |
| | Ajuste correcto de la ventana | | |
| | Colocación de cinta de hermeticidad perimetral | | |
| Sellado | Comprobación de que no existen pérdidas por mala colocación o mala fabricación de la ventana | | |
| Domotización | Se han seguido las instrucciones necesarias para la motorización y digitalización de la persiana (sólo si el cliente ha exigido esta instalación) | | |
| Ensayos in situ | Estanqueidad al agua | | |
| | Aislamiento acústico a ruido aéreo | | |
| | Verificación por termografías y ensayos de estanqueidad | | |
| Residuos | Se han realizado la separación de los residuos generados en obra | | |

5 PLANOS

5.1 Lista de componentes

| CANTIDAD | DENOMINACIÓN | MARCA | Nº PLANO | MODELO | METERIAL | DIM.NETAS (mm) | OBSERVACIONES |
|--------------------------------|--|-------|-----------|---------------------|-------------------|------------------|---|
| PERFILES DE PVC | | | | | | | |
| 2 (H) | Marco perimetral (6 cámaras) | 8A | 3, 6 y 10 | Schüco Serie Living | PVC | 82 x 73x 1800 | Todos los perfiles de PVC son suministrados por Shüco, hay perfiles cuya fabricación es personalizada para esta ventana como es el perfil fijador del vidrio o los perfiles que sujetan el cajón de la persiana |
| 2 (V) | Marco perimetral (6 cámaras) | 8B | 3, 6 y 10 | Schüco Serie Living | PVC | 82 x 73 x 1200 | |
| 4 (H) | Marco individual para cada vidrio (6 cámaras) | 8C | 3, 7 y 10 | Schüco Serie Living | PVC | 82 x 84 x 900 | |
| 4 (V) | Marco individual para cada vidrio (6 cámaras) | 8D | 3, 7 y 10 | Schüco Serie Living | PVC | 82 x 84 x 1200 | |
| 4 (H) | Perfil fijador vidrio (2 cámaras) | 6A | 8 y 14 | Schüco | PVC | 30 x 23,5 x 775 | |
| 4 (V) | Perfil fijador vidrio (2 cámaras) | 6B | 8 y 14 | Schüco | PVC | 30 x 23,5 x 1072 | |
| 2 (H) | Tapajuntas | 9A | 15 y 16 | Schüco | PVC | 50 x 10 x 1800 | |
| 2 (V) | Tapajuntas | 9B | 15 y 16 | Schüco | PVC | 50 x 10 x 1200 | |
| 1 (H) | Vierteaguas | 12 | 15 y 16 | Schüco | PVC | 140 x 20 x 1800 | |
| | Sujeción cajón de persiana: Pieza 1 Pieza 2 Pieza 3 | | 15 y 16 | Schüco | PVC | | |
| 1 (H) | | | | | | 105 x 15 x 1800 | |
| 1 (H) | | | | | | 91 x 17 x 1800 | |
| 1 (H) | | | | | | 78 x 17 x 1800 | |
| REFUERZOS DE ACERO GALVANIZADO | | | | | | | |
| 2 (H) | Refuerzo 1 (cuadrado) | 7A | 9 | Schüco | Acero galvanizado | 30 x 30 x 1800 | Los refuerzos los suministra la misma empresa que suministra los perfiles de PVC puesto que el refuerzo forma parte de estos perfiles |
| 3 (V) | Refuerzo 1 (cuadrado) | 7B | 9 | Schüco | Acero galvanizado | 30 x 30 1200 | |
| 4 (H) | Refuerzo 2 (L) | 7C | 9 | Schüco | Acero galvanizado | 30 x 39 x 1072 | |
| 4 (V) | Refuerzo 2 (L) | 7D | 9 | Schüco | Acero galvanizado | 30 x 39 x 900 | |

| | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|----|---------|---|--------------------|------------------------|--|
| 1 (H) | Refuerzo sujeción persiana | 7E | 15 y 16 | Schüco | Acero galvanizado | 65 x 7 x 1800 | |
| JUNTAS EPDM | | | | | | | |
| 4 (H) | Junta tipo 1 | 4A | 12 | A medida | EPDM | 7 x 15 x 760 | Las juntas de EPDM están fabricadas a medida por la empresa Tecnoex SA |
| 4 (V) | Junta tipo 1 | 4B | 12 | A medida | EPDM | 7 x 15 x 1060 | |
| 2 (H) | Junta tipo 2 | 4C | 12 | A medida | EPDM | 7 x 11 x 1800 | |
| 2 (V) | Junta tipo 2 | 4D | 12 | A medida | EPDM | 7 x 11 x 1200 | |
| 2 (H) | Junta tipo 3 | 4E | 12 | A medida | EPDM | 6 x 18 x 1800 | |
| 3 (V) | Junta tipo 3 | 4F | 12 | A medida | EPDM | 6 x 18 x 1200 | |
| 2 (H) | Junta tipo 4 | 4G | 12 | A medida | EPDM | 7 x 10 x 1800 | |
| 3 (V) | Junta tipo 4 | 4H | 12 | A medida | EPDM | 7 x 10 x 1200 | |
| 2 (H) | Junta tipo 5 | 4I | 12 | A medida | EPDM | 8 x 21 x 1800 | |
| 2 (V) | Junta tipo 5 | 4J | 12 | A medida | EPDM | 8 x 21 x 1200 | |
| HERRAJE COMPLETO | | | | | | | |
| 1 | Herraje completo | | 13 | Roto-Frank (partes numeradas según fabricante en plano 13) | Acero | | Fabricante Roto Frank: Herraje metálico en acabado plateado con revestimiento antibrillo y anticorrosión, con aplicación de nanopartículas garantizado funcionamiento por 10 años |
| ACRISTALAMIENTO | | | | | | | |
| 2 | 4BE – 20 – 4 – 20 – 4BE | 5 | 14 | Guardian Glass Neutral Plus 50 | Vidrio bajo emisor | 1060 x 760 x 52 | |
| PREMARCO | | | | | | | |
| 1 | Premarco de madera | 10 | 17 | | Madera de pino | 1800 x 1200 x 30 | |
| 1 | Cinta de hermeticidad | 14 | 17 | TecsconVana | Tela hermética | Cinta de 6 cm de ancho | |

| CAJÓN DE PERSIANA | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|---|---|--------|--------------|------------------|---|
| 1 | Panel de XPS | 1 | 5 | Schüco | XPS | 123 x 186 x 1800 | |
| 1 | Cajón de persiana con persiana | 2 | 5 | Schüco | PVC/aluminio | 229 x 208 x 1800 | Cajón de doble pared de PVC con acceso interior. Lamas de persiana rectas de aluminio rellenas de poliuretano de 45 mm. |
| 1 | Tapa inferior de registro | 3 | 5 | Schüco | PVC | 112 x 9 x 1800 | |

5.2 Planos

01_ CONJUNTO SECCIÓN VERTICAL

02_ CONJUNTO SECCIÓN HORIZONTAL

03_ SECCIONES ACOTADAS

04_ SECCIÓN HORIZONTAL

05_ SECCIÓN VERTICAL

06_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN I: CORTE Y MECANIZADO DE PERFILES

07_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN II: CORTE Y MECANIZADO DE PERFILES

08_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN III: CORTE Y MECANIZADO DE PERFILES

09_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN IV: CORTE DE REFUERZOS METÁLICOS

10_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN V: AJUSTE DE REFUERZOS EN LOS PERFILES DE PVC

11_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN VI: DETALLE SOLDADURA DE PERFILES

12_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN VII: COLOCACIÓN DE JUNTAS DE EPDM

13_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN VIII: INCORPORACIÓN DE HERRAJES

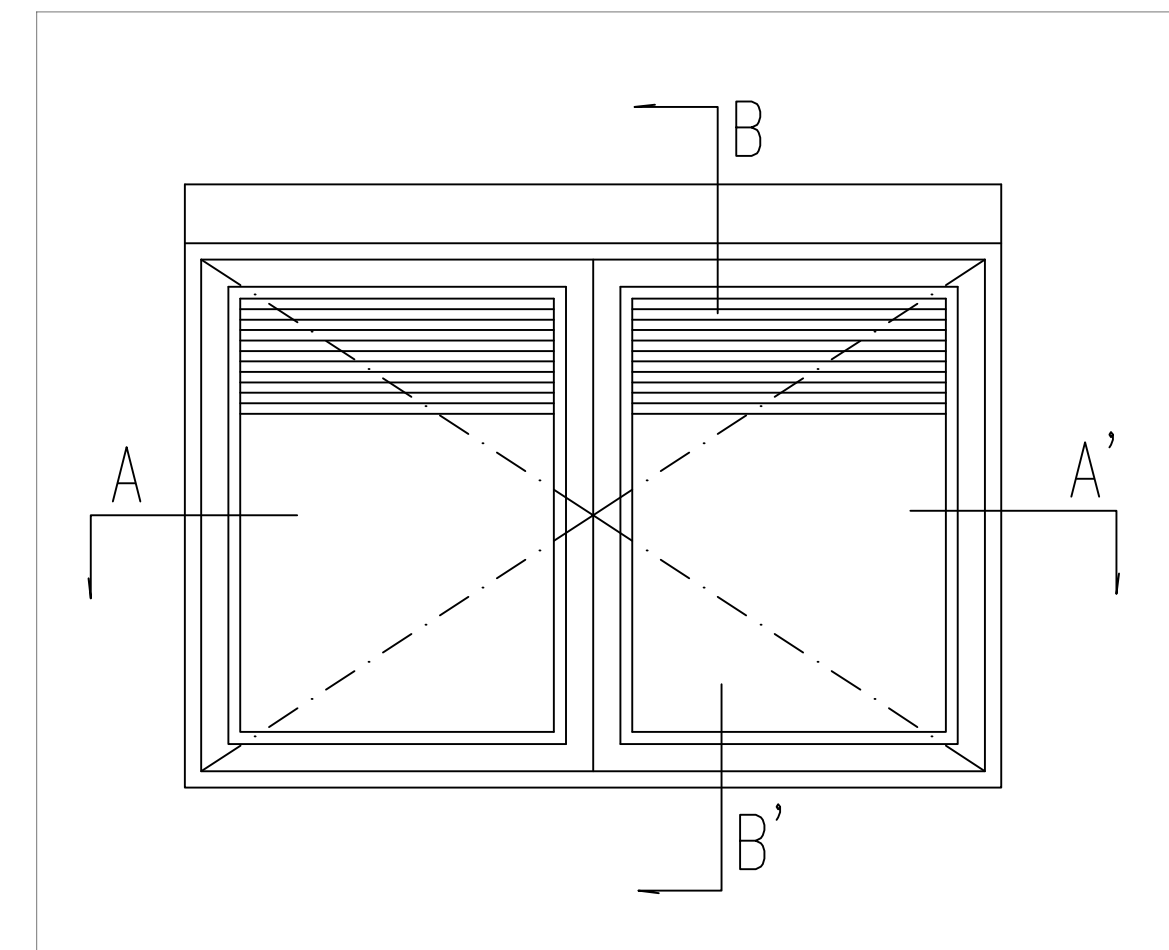
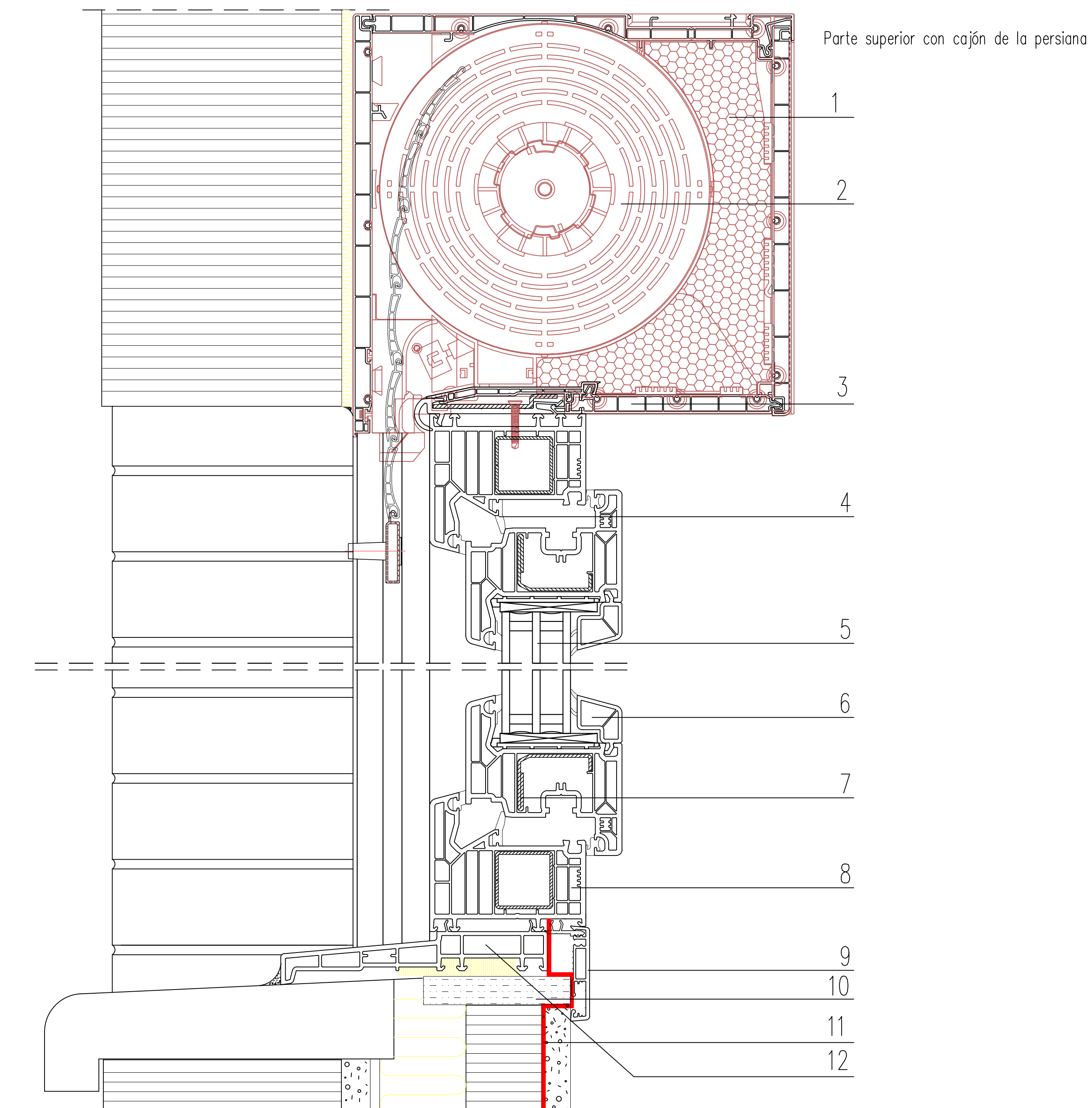
14_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN IX: AJUSTE DEL ACRISTALAMIENTO EN LA CARPINTERÍA

15_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN X: COLOCACIÓN DE OTROS PERFILES

16_ PLANO PARA LA FABRICACIÓN XI: COLOCACIÓN DE OTROS PERFILES

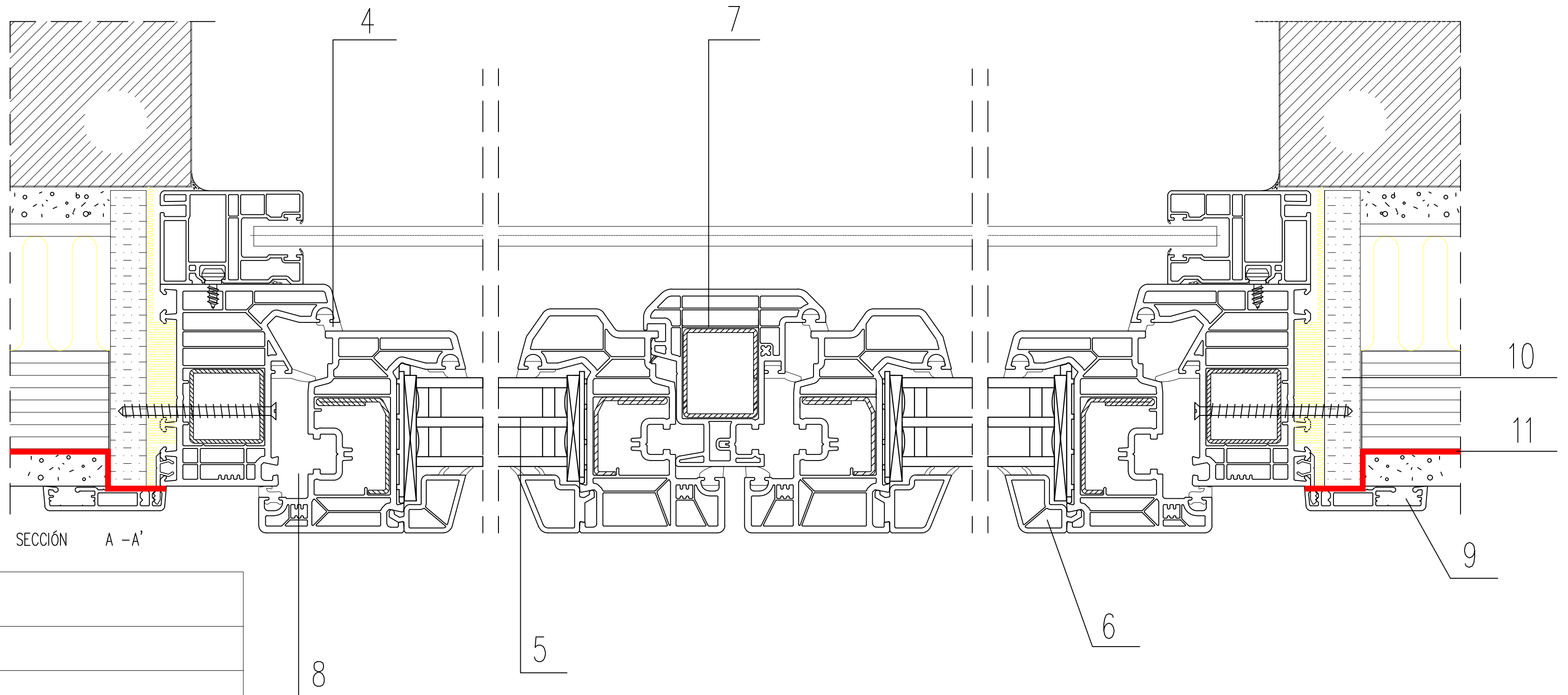
17_ PLANO DE COLOCACIÓN EN OBRA I: PREPARACIÓN DEL HUECO Y COLOCACIÓN DEL REMARCO

18_ PLANO DE COLOCACIÓN EN OBRA II: AJUSTE DEL MARCO Y DE LA VENTANA COMPLETA

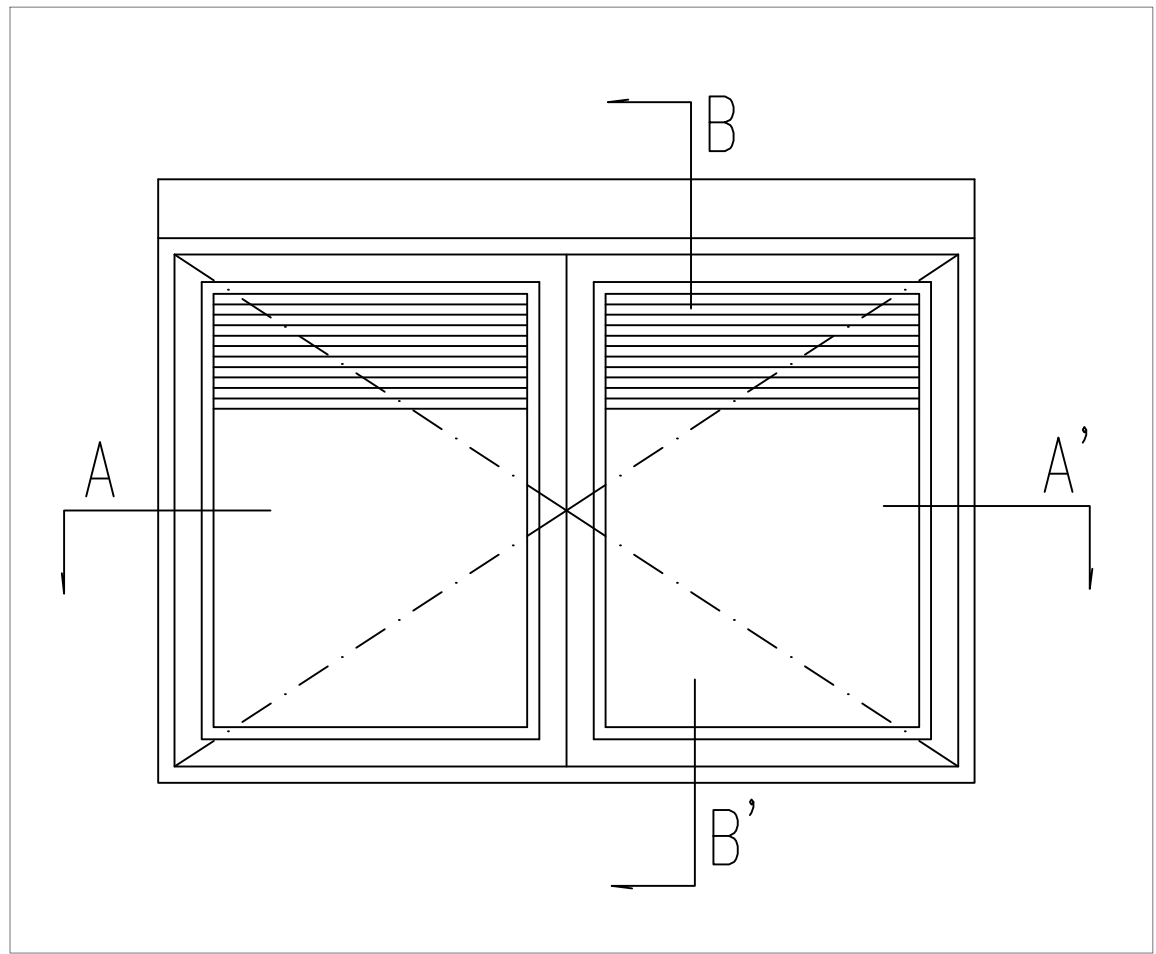




| Nº | COMPONENTE |
|----|---|
| 1 | Panel de XPS |
| 2 | Persiana |
| 3 | Tapa inferior de registro, atornillada y registrable de PVC |
| 4 | Triple junta de estanqueidad en EPDM |
| 5 | Acristalamiento 4BE-20-4-20-4BE |
| 6 | Perfil que ajusta acristalamiento con perfilería |
| 7 | Refuerzo acero galvanizado de alta inercia de acero galvanizado |
| 8 | Perfil de PVC de 6 cámaras |
| 9 | Tapajuntas |
| 10 | Premarco de madera |
| 11 | Barrera de vapor |
| 12 | Vierteaguas |

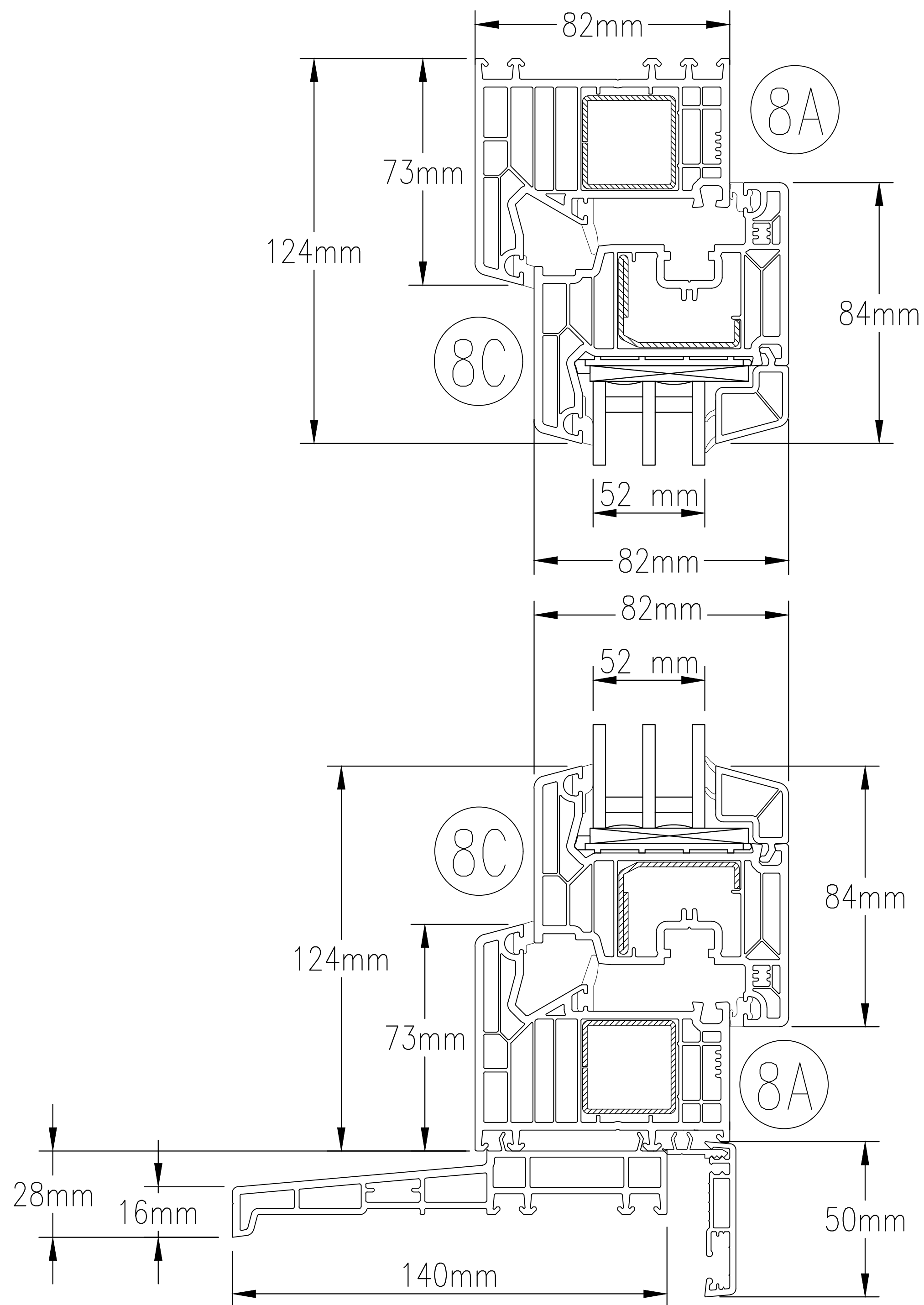
| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujada | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 1 |
| 1:200 | | | | REFERENCIA: |
| PROYECCIÓN | Conjunto: Sección vertical | | | Sustituye a: |
|  | | | | Sustituido por: |



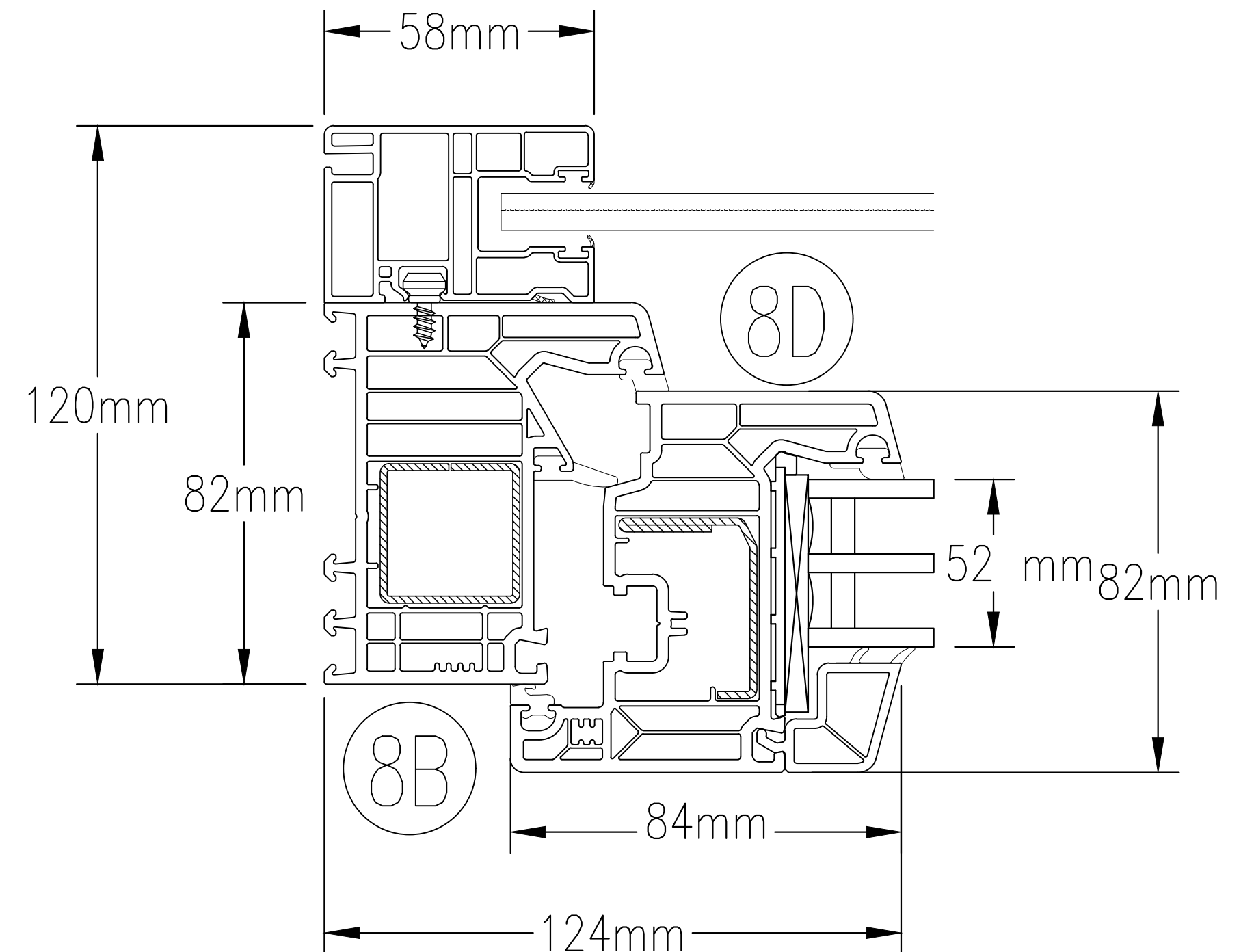
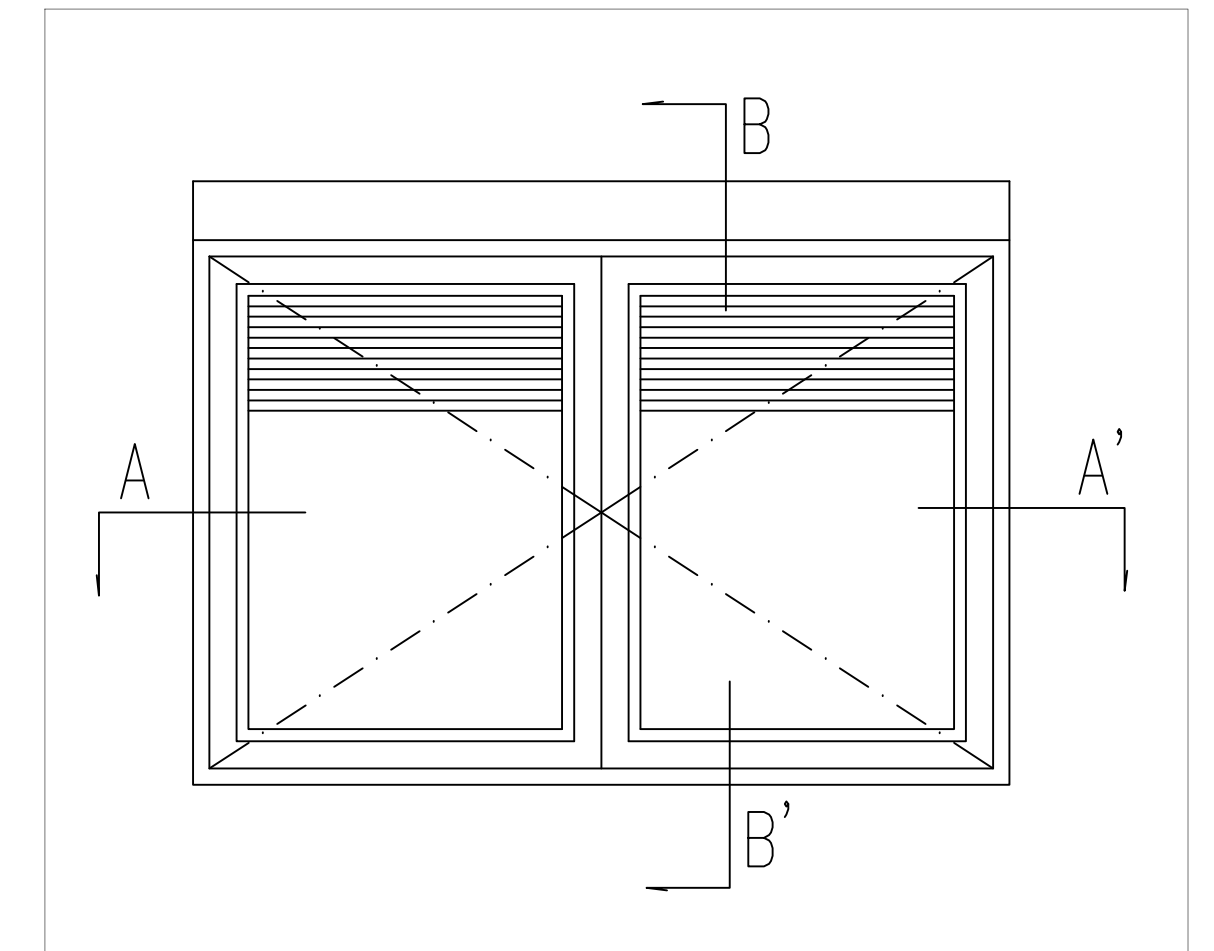
| Nº | COMPONENTE |
|----|---|
| 1 | Panel de XPS |
| 2 | Persiana |
| 3 | Tapa inferior de registro, atornillada y registrable de PVC |
| 4 | Triple junta de estanqueidad en EPDM |
| 5 | Acristalamiento 4BE-20-4-20-4BE |
| 6 | Perfil que ajusta acristalamiento con perfilería |
| 7 | Refuerzo acero galvanizado de alta inercia de acero galvanizado |
| 8 | Perfil de PVC de 6 cámaras |
| 9 | Tapajuntas |
| 10 | Premarco de madera |
| 11 | Barrera de vapor |
| 12 | Vierteaguas |





| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 2 |
| 1:200 | Conjunto: Sección horizontal | | | REFERENCIA: |
| PROYECCIÓN | | | | Sustituye a: |
|  | | | | Sustituido por: |

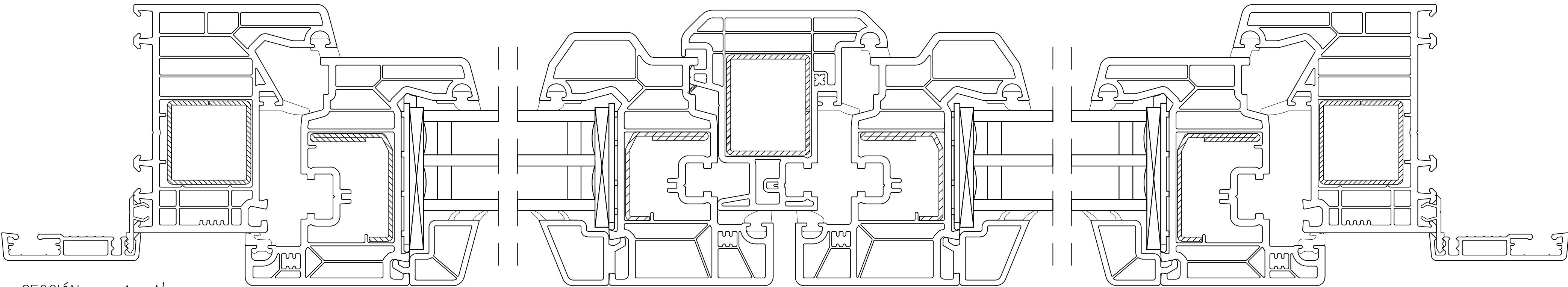
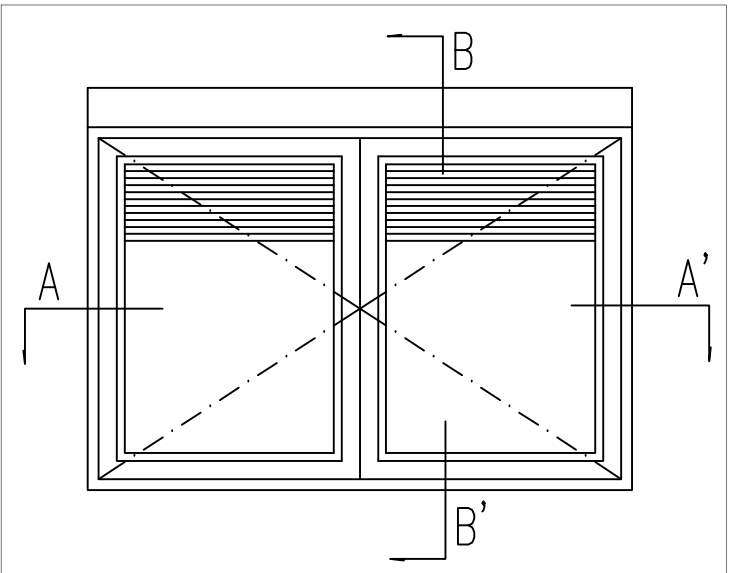


SECCIÓN B - B'

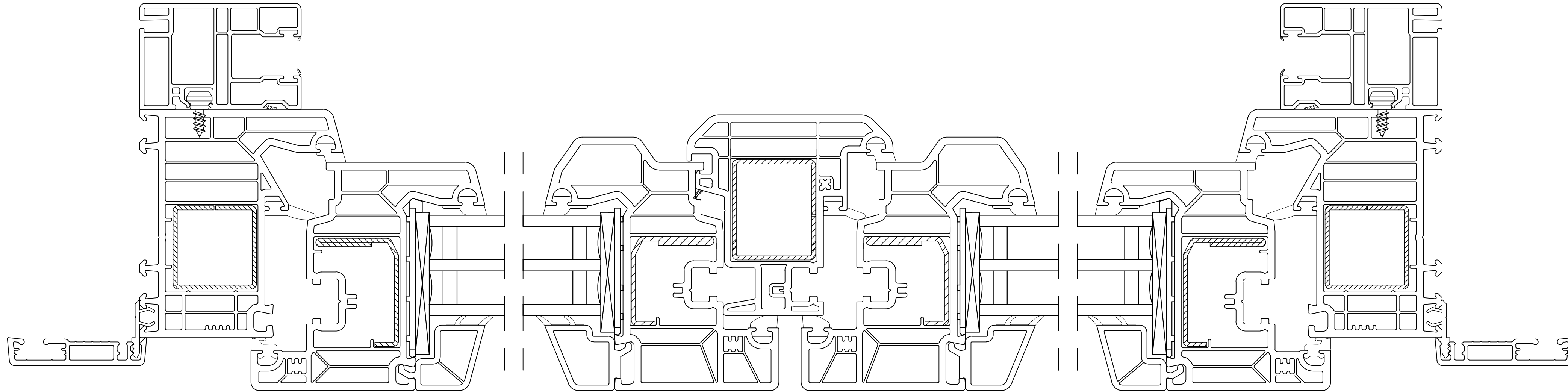


SECCIÓN A - A'



| | | | | |
|---|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 3 |
| 1:100 | | | | REFERENCIA: |
| PROYECCIÓN | Secciones acotadas | | | Sustituye a: |
|  | | | | Sustituido por: |

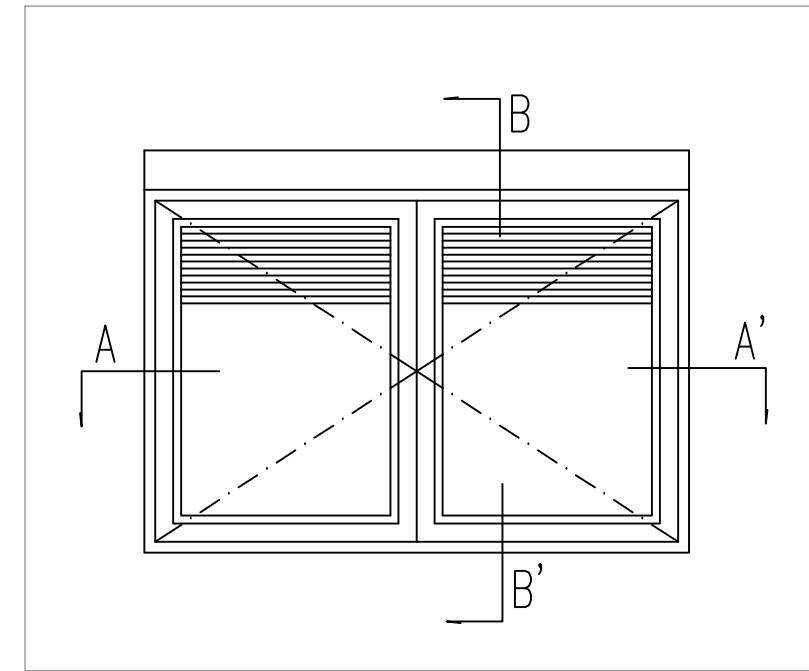
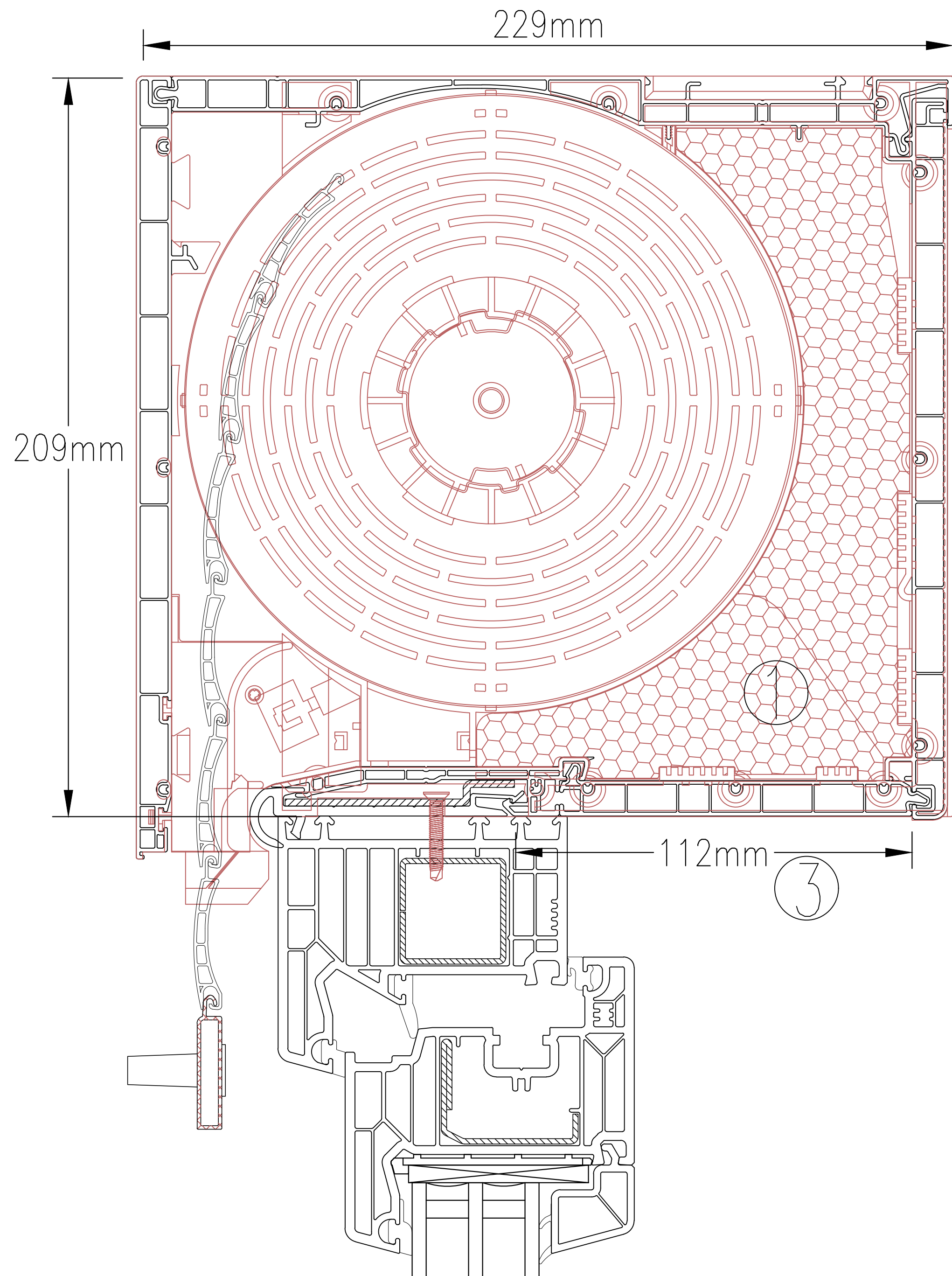


SECCIÓN A - A'

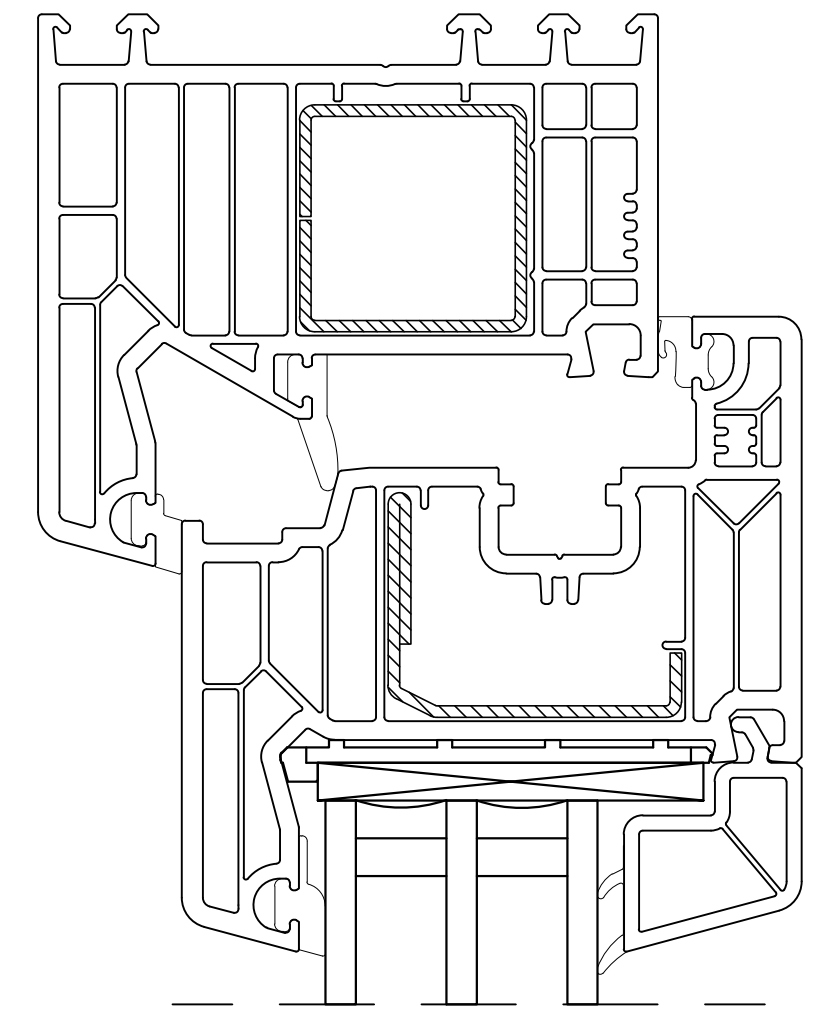


SECCIÓN A - A' CON GUÍAS DE PERSIANA

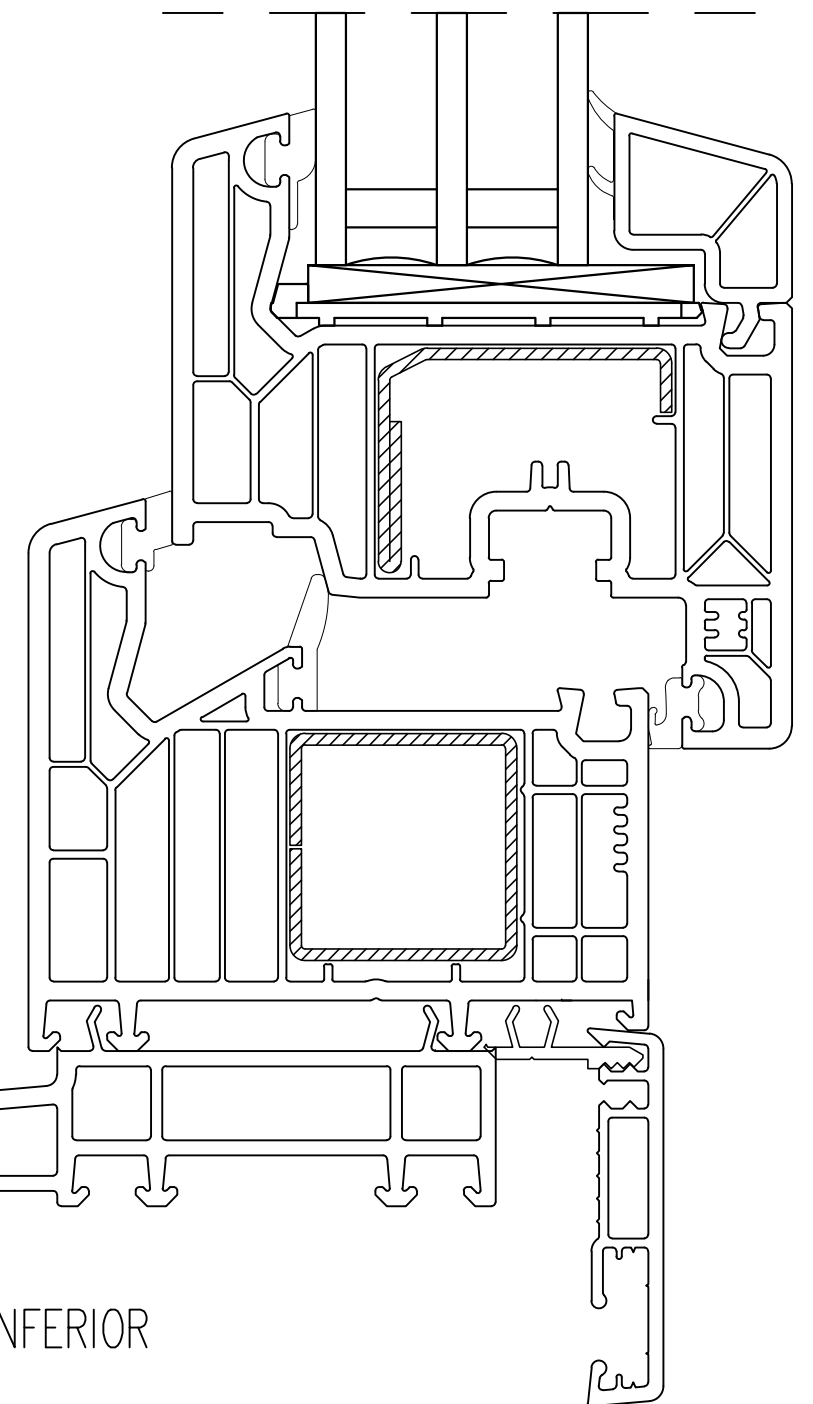
| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 4 |
| 1:100 | Sección horizontal con y sin guía de persiana | | | REFERENCIA: |
| PROYECCIÓN | | | | Sustituye a: |
|  | | | | Sustituido por: |



2





SECCIÓN B -B' PARTE SUPERIOR (SIN CAJÓN DE PERSIANA)



SECCIÓN B -B' PARTE INFERIOR

SECCIÓN B -B' PARTE SUPERIOR (CON CAJÓN DE PERSIANA)

| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 5 |
| 1:100 | Sección vertical con y sin cajón de persiana | | | REFERENCIA: |
| PROYECCIÓN | | | | Sustituye a: |
|  | | | | Sustituido por: |

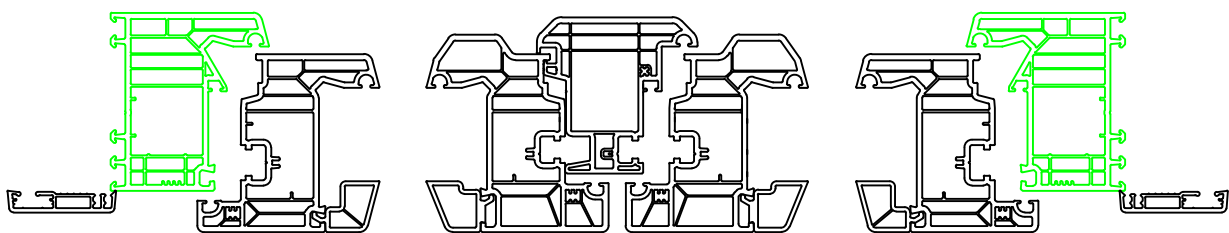
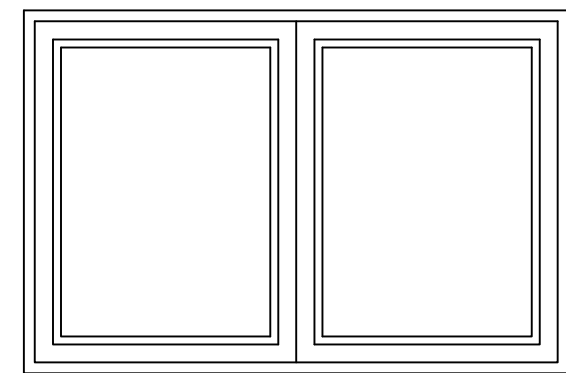
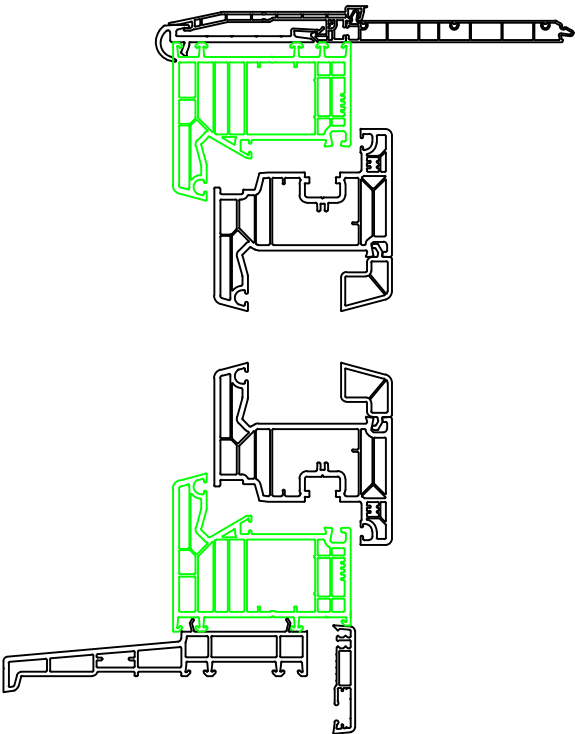
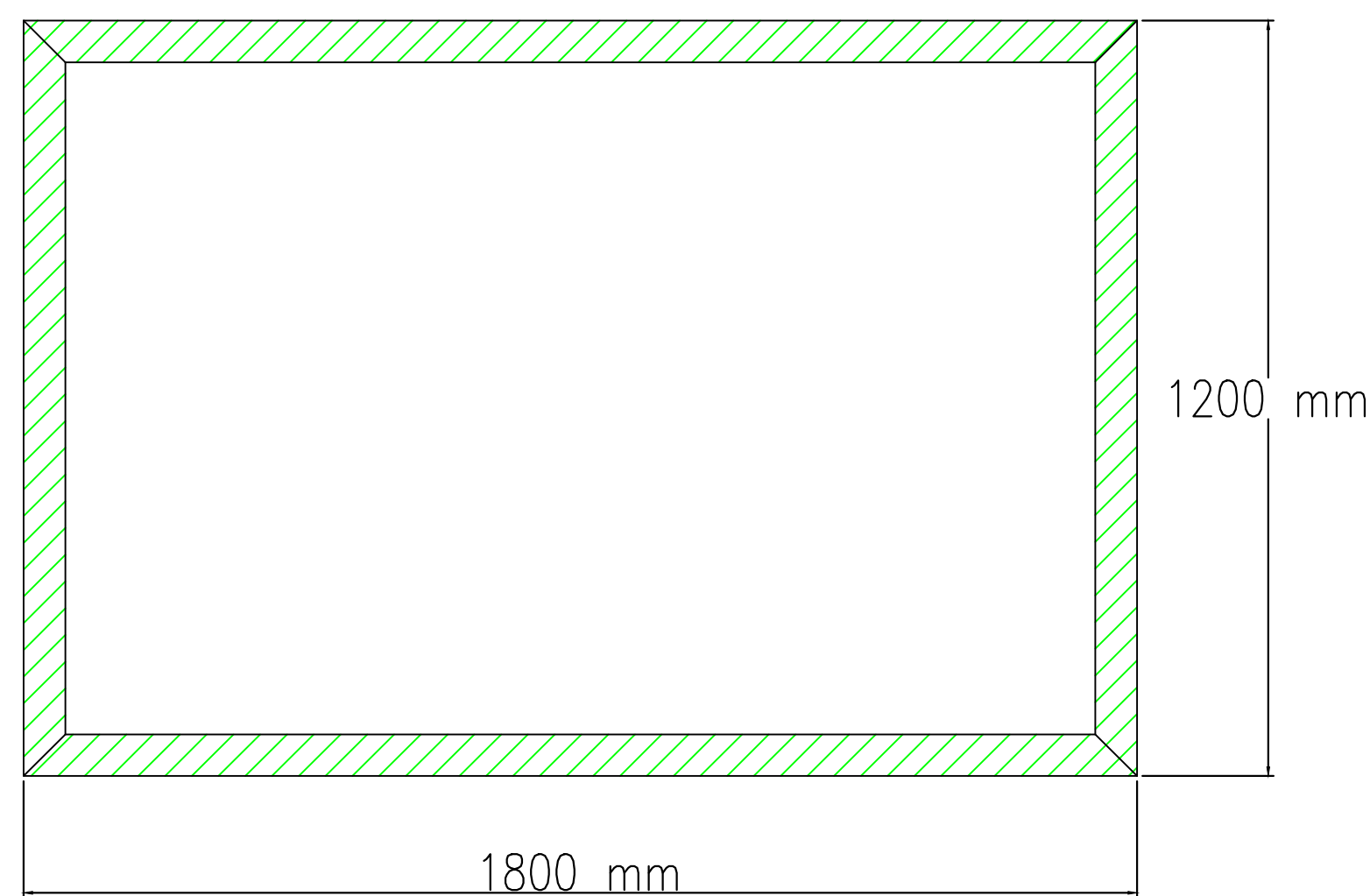
DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

Proceso de fabricación una la ventana Passivhaus de dimensiones 1,80 m x 1,20 m:

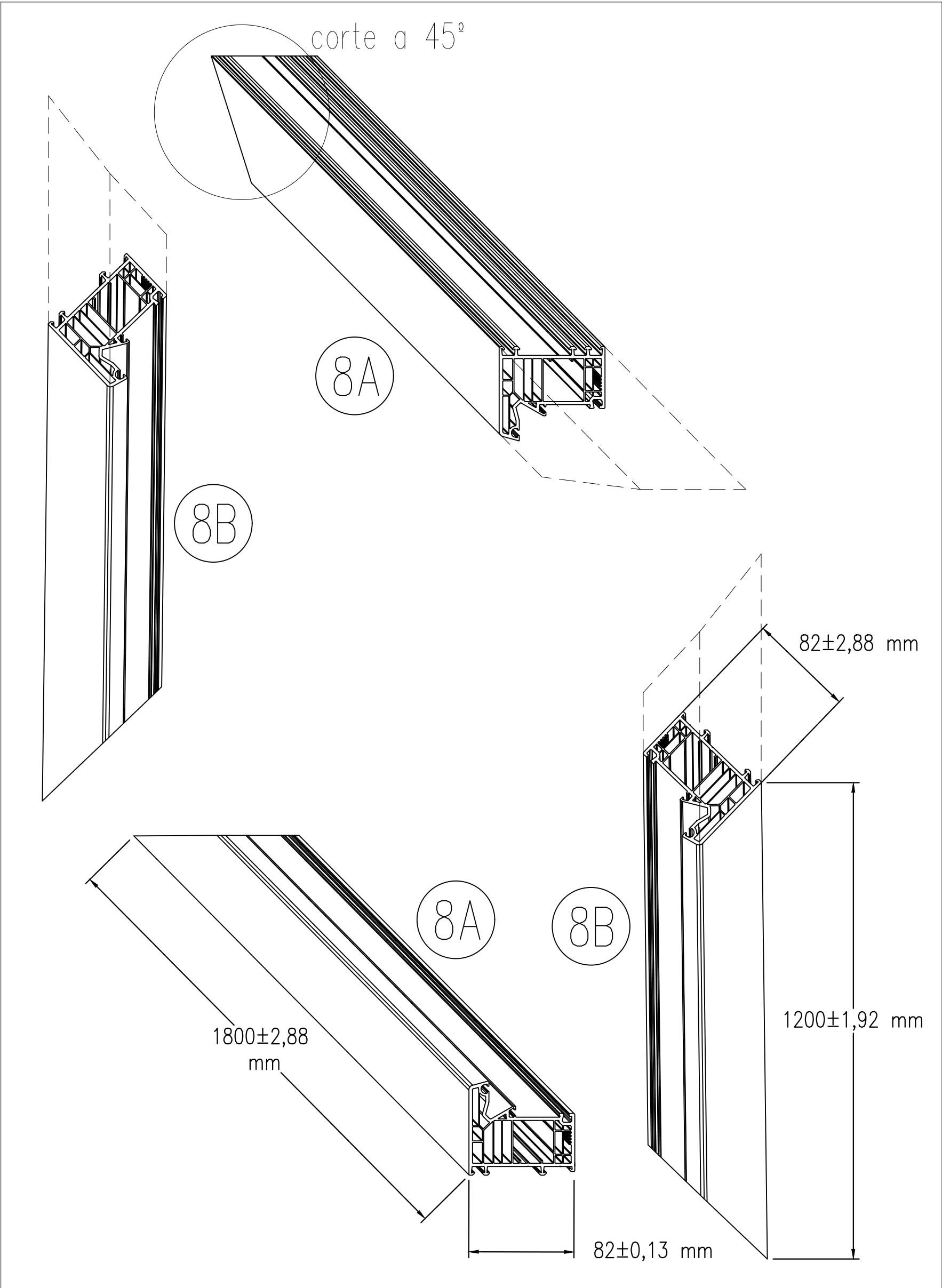
1. Una vez llegados todos los perfiles de PVC, refuerzos metálicos y juntas de EPDM, se comienza con el corte y mecanizado de los perfiles de PVC con las dimensiones deseadas:



- 1.1. Marco perimetral de 1,80 m x 1,20 m.
- 1.2. Marco de cada vidrio de 0,90 m x 1,20 m.
- 1.3. Perfil que ajusta el acristalamiento a la carpintería.

(Tanto el corte como el mecanizado lo va a realizar la máquina)



1.1. Marco perimetral de 1,80 m x 1,20 m



| | | | | |
|---|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 6 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación I: Corte y mecanizado de perfiles | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

Proceso de fabricación una la ventana Passivhaus de dimensiones 1,80 m x 1,20 m:

1. Una vez llegados todos los perfiles de PVC, refuerzos metálicos y juntas de EPDM, se comienza con el corte y mecanizado de los perfiles de PVC con las dimensiones deseadas:

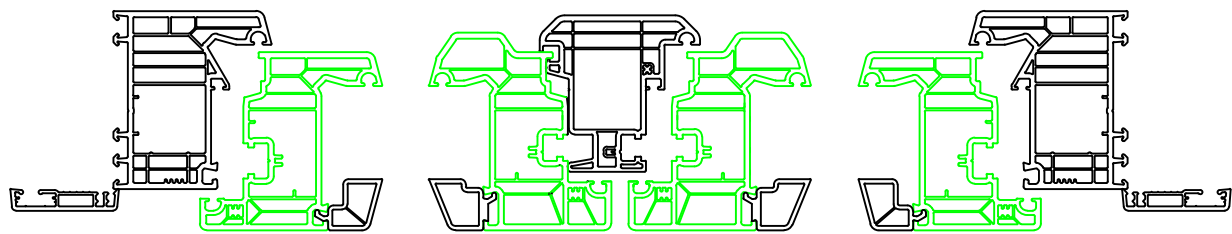
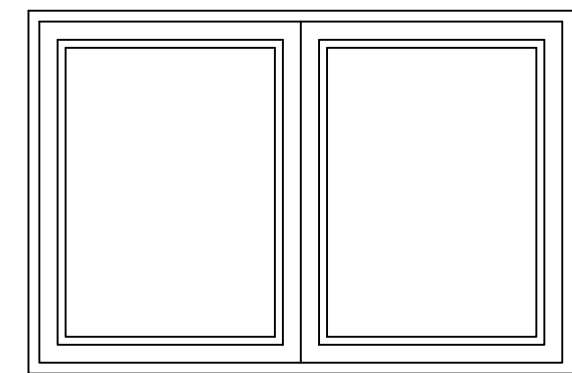
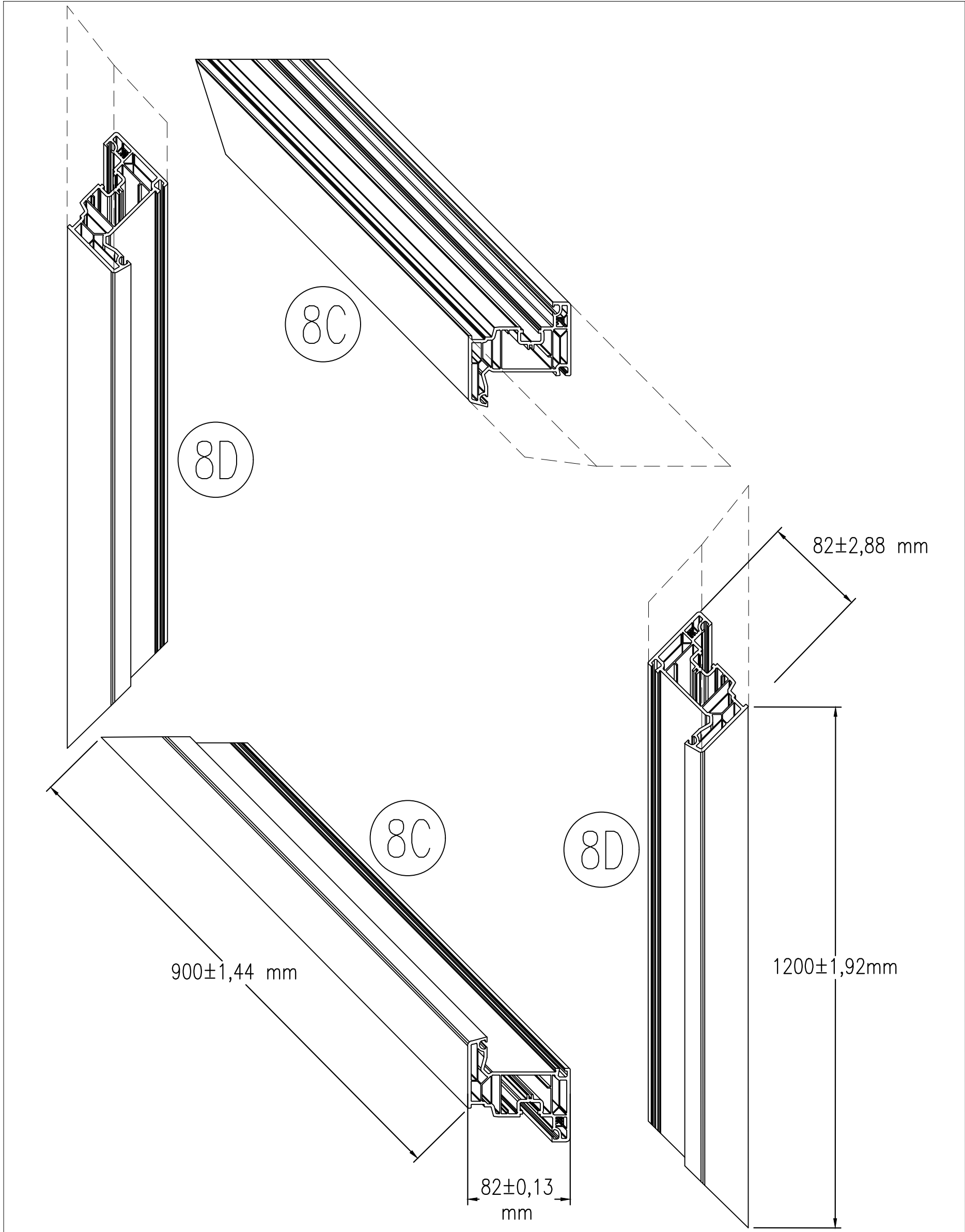
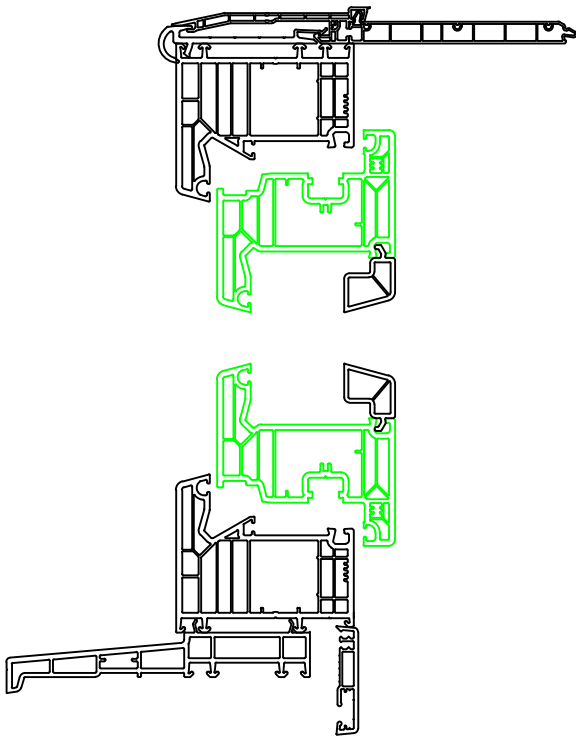
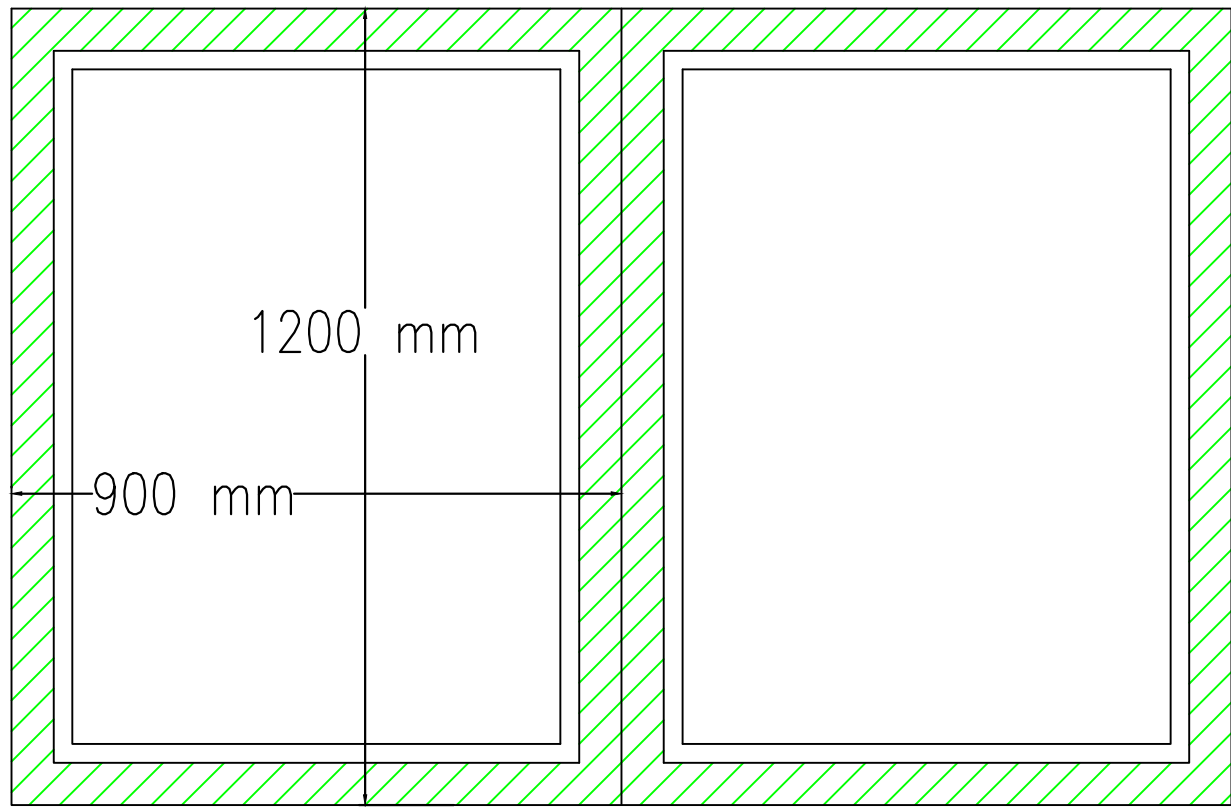
1.1. Marco perimetral de 1,80 m x 1,20 m.

1.2. Marco de cada vidrio de 0,90 m x 1,20 m.

1.3. Perfil que ajusta el acristalamiento a la carpintería.

(Tanto el corte como el mecanizado lo va a realizar la máquina)

1.2. Marco de cada vidrio de 0,90 m x 1,20 m



| | | | | |
|------------|---|---------------------|---|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL | |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | UNIVERSIDAD DE LA RIOJA | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | Grado en Ingeniería Mecánica | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | Número: | 7 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación II: Corte y mecanizado de perfiles | | REFERENCIA: | |
| | | | Sustituye a: | |
| | | | Sustituido por: | |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

Proceso de fabricación una la ventana Passivhaus de dimensiones 1,80 m x 1,20 m:

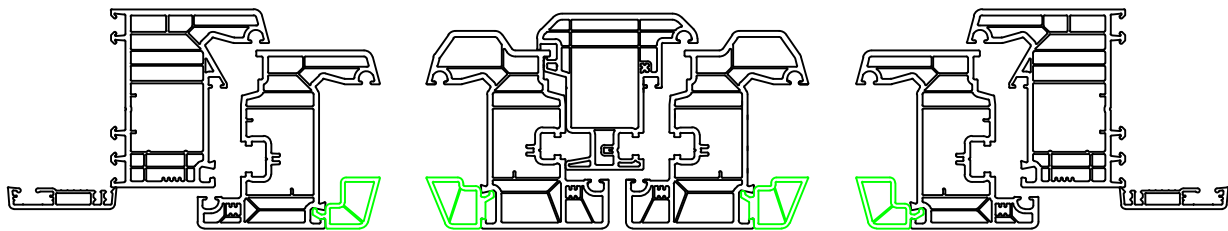
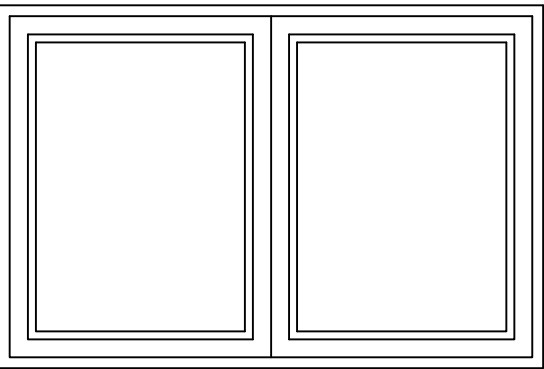
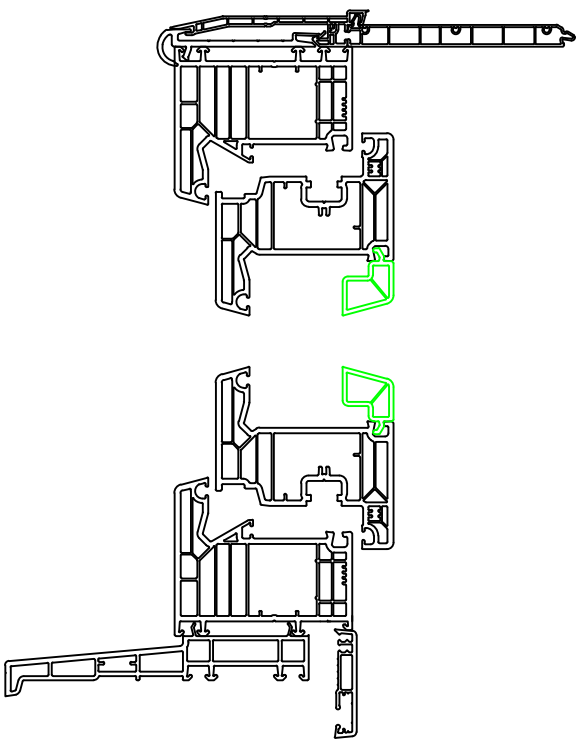
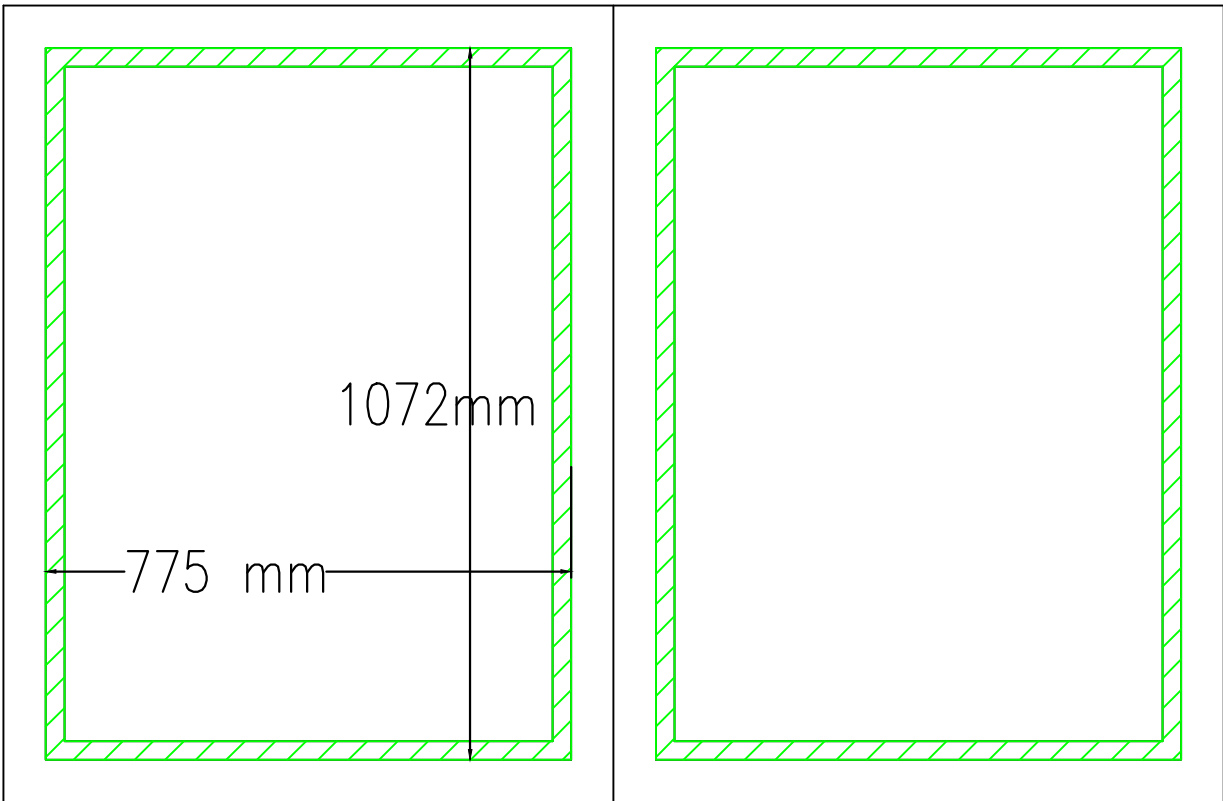
1. Una vez llegados todos los perfiles de PVC, refuerzos metálicos y juntas de EPDM, se comienza con el corte y mecanizado de los perfiles de PVC con las dimensiones deseadas:

1.1. Marco perimetral de 1,80 m x 1,20 m.

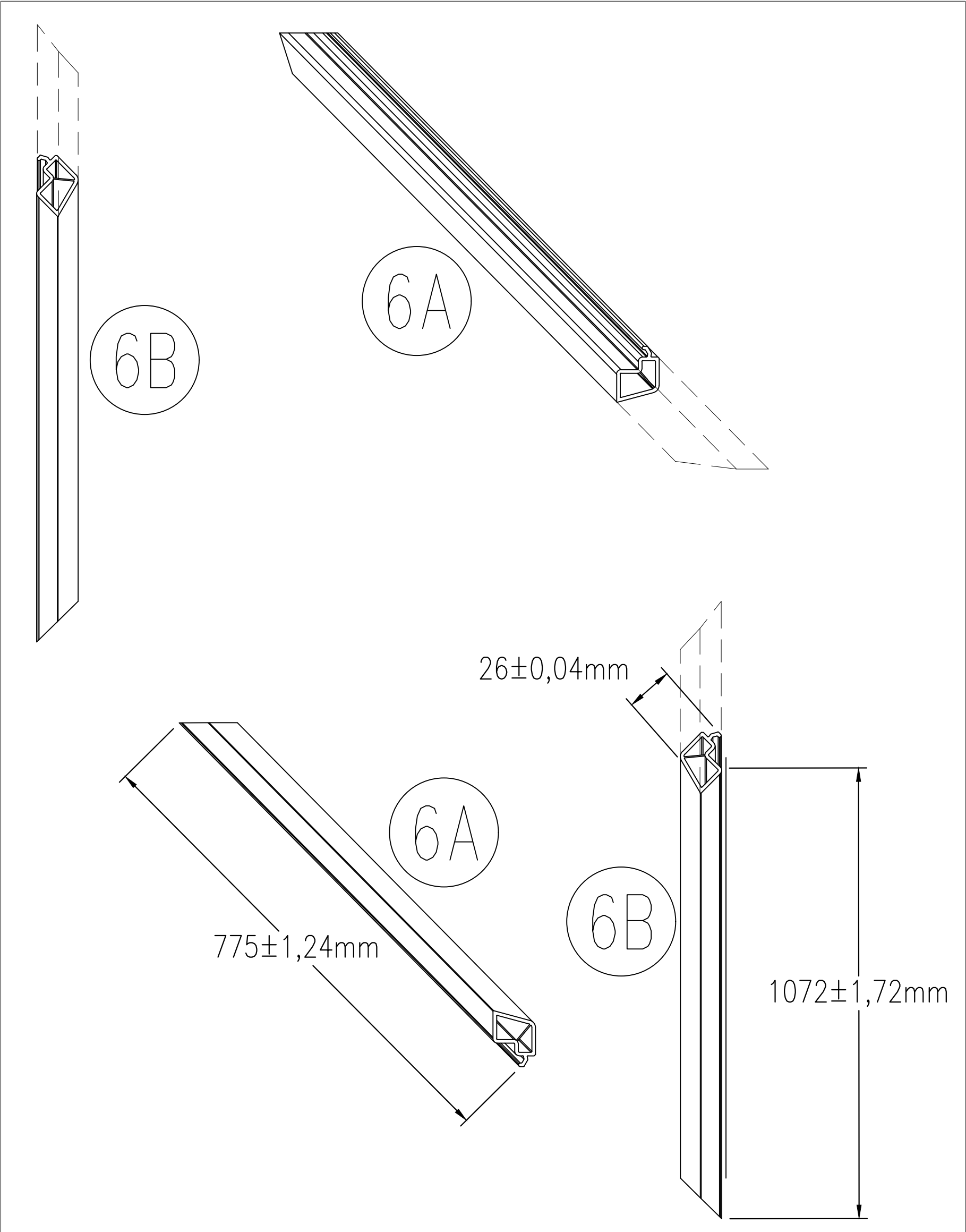
1.2. Marco de cada vidrio de 0,90 m x 1,20 m.

1.3. Perfil que ajusta el acristalamiento a la carpintería.

(Tanto el corte como el mecanizado lo va a realizar la máquina)



1.3. Perfil que ajusta el acristalamiento a la carpintería
(dimensiones del acristalamiento)

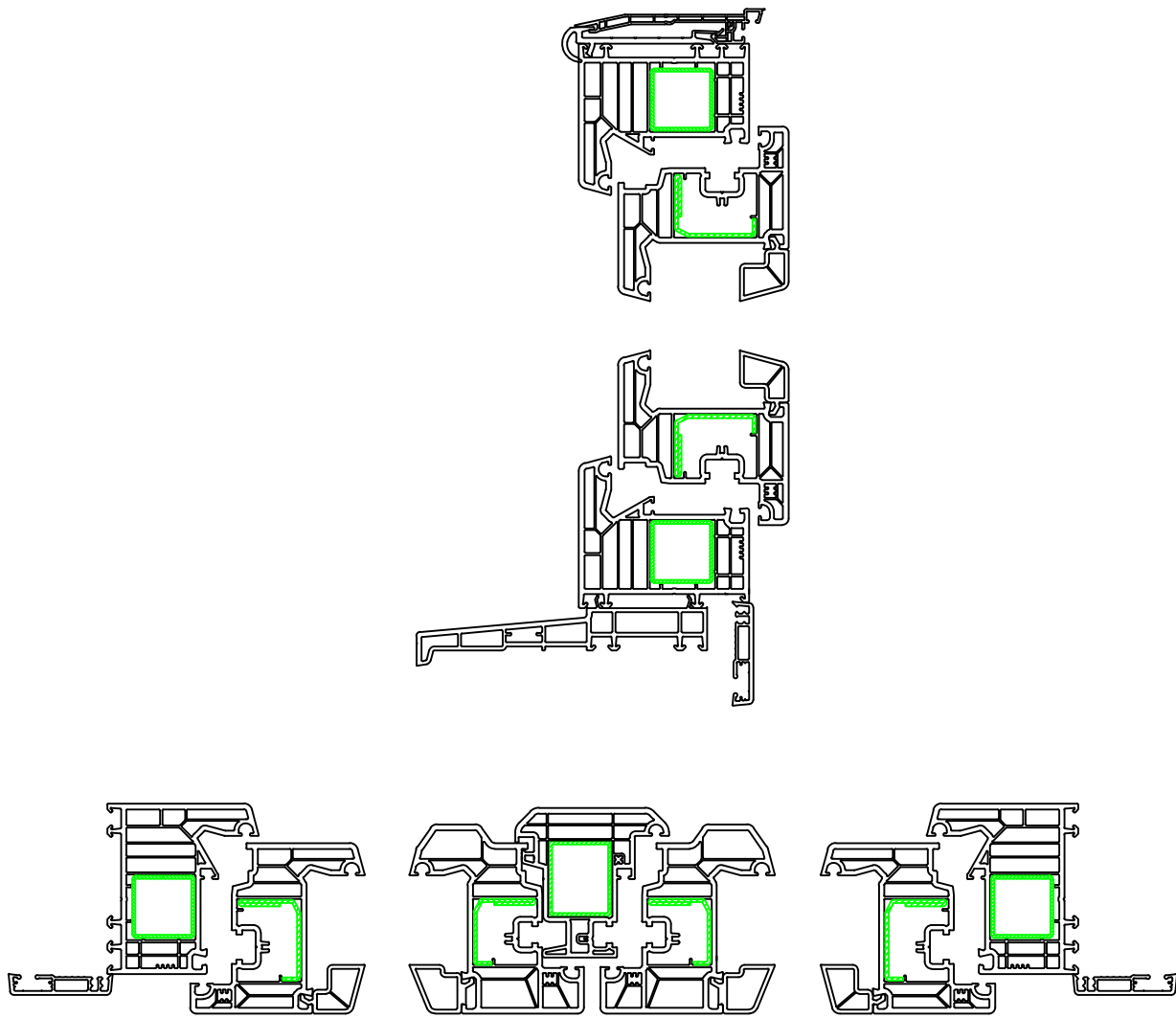
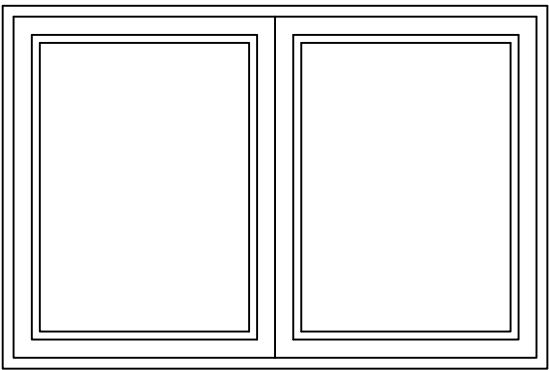
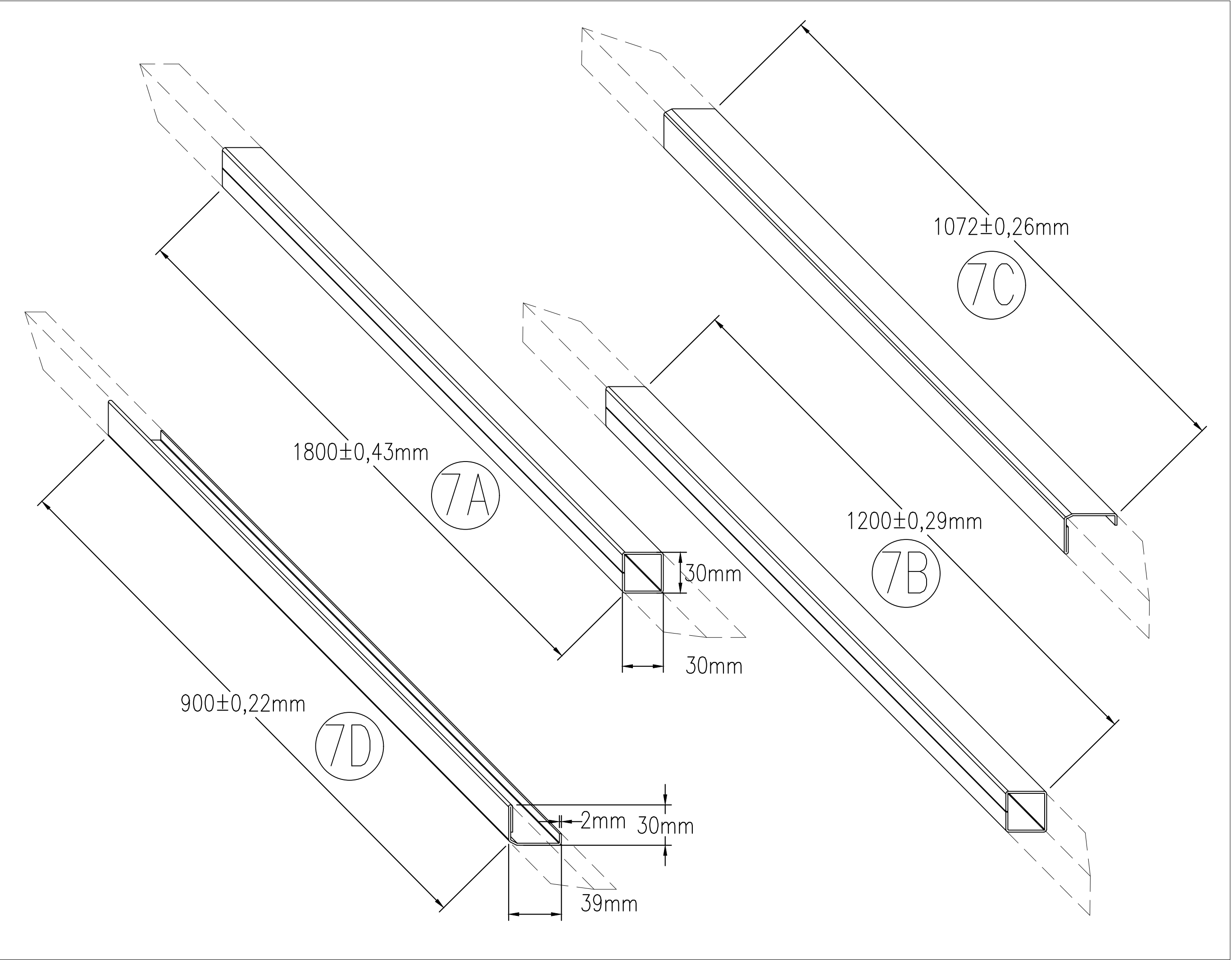




| | | | | |
|------------|--|---------------------|--|-----------------|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica | |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | ar | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 8 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación III: Corte y mecanizado de perfiles | | | REFERENCIA: |
| | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

2. Una vez cortados los perfiles, se hace el mismo trabajo con los refuerzos metálicos y se introducen en los perfiles correspondientes:

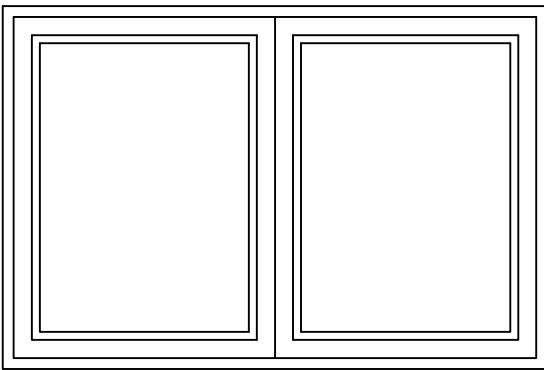
2.1. Corte perfiles de refuerzos metálicos



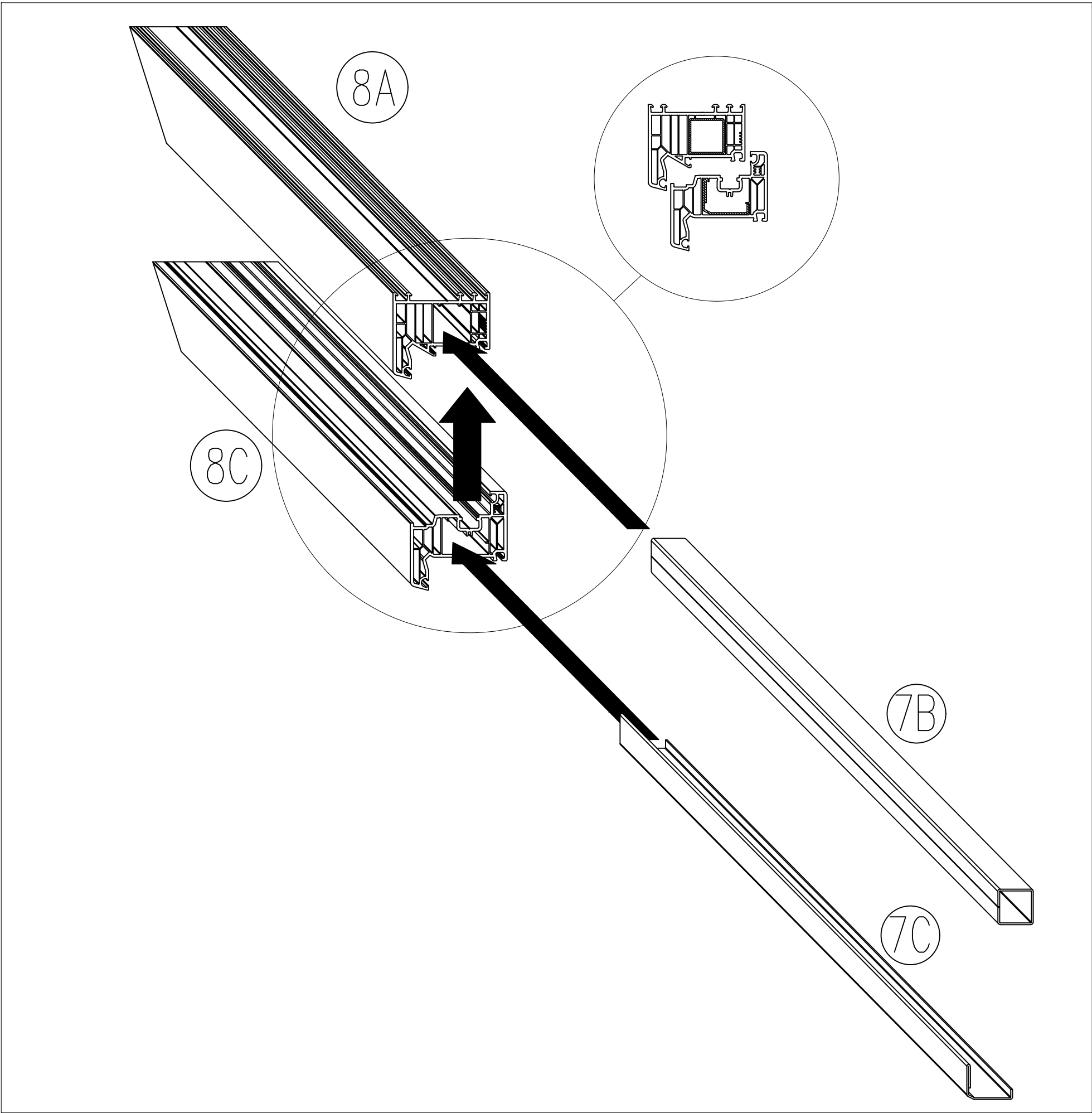
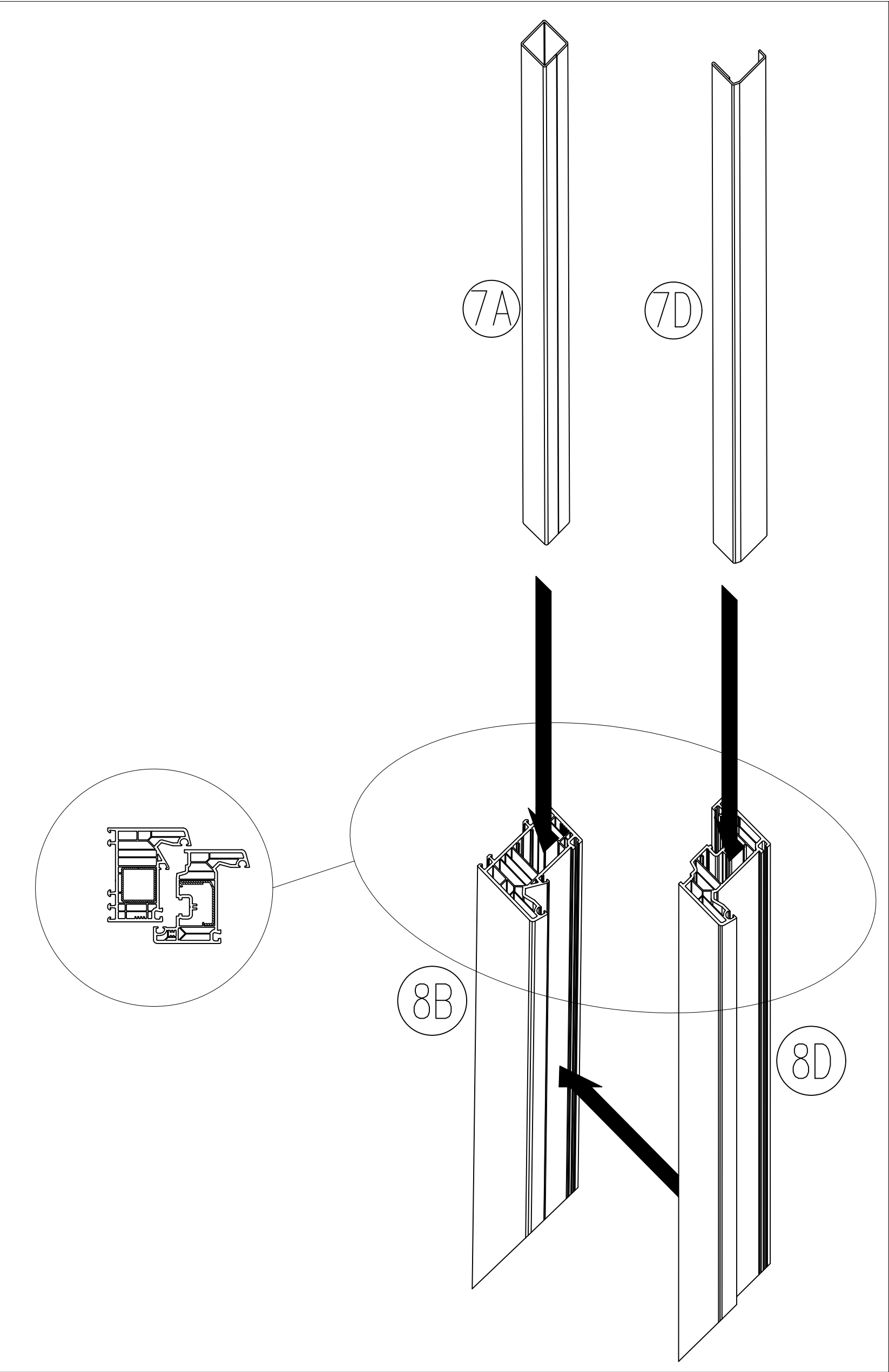
| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 9 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación IV: Corte de refuerzos metálicos | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |



DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

2. Una vez cortados los perfiles, se hace el mismo trabajo con los refuerzos metálicos y se introducen en los perfiles correspondientes:



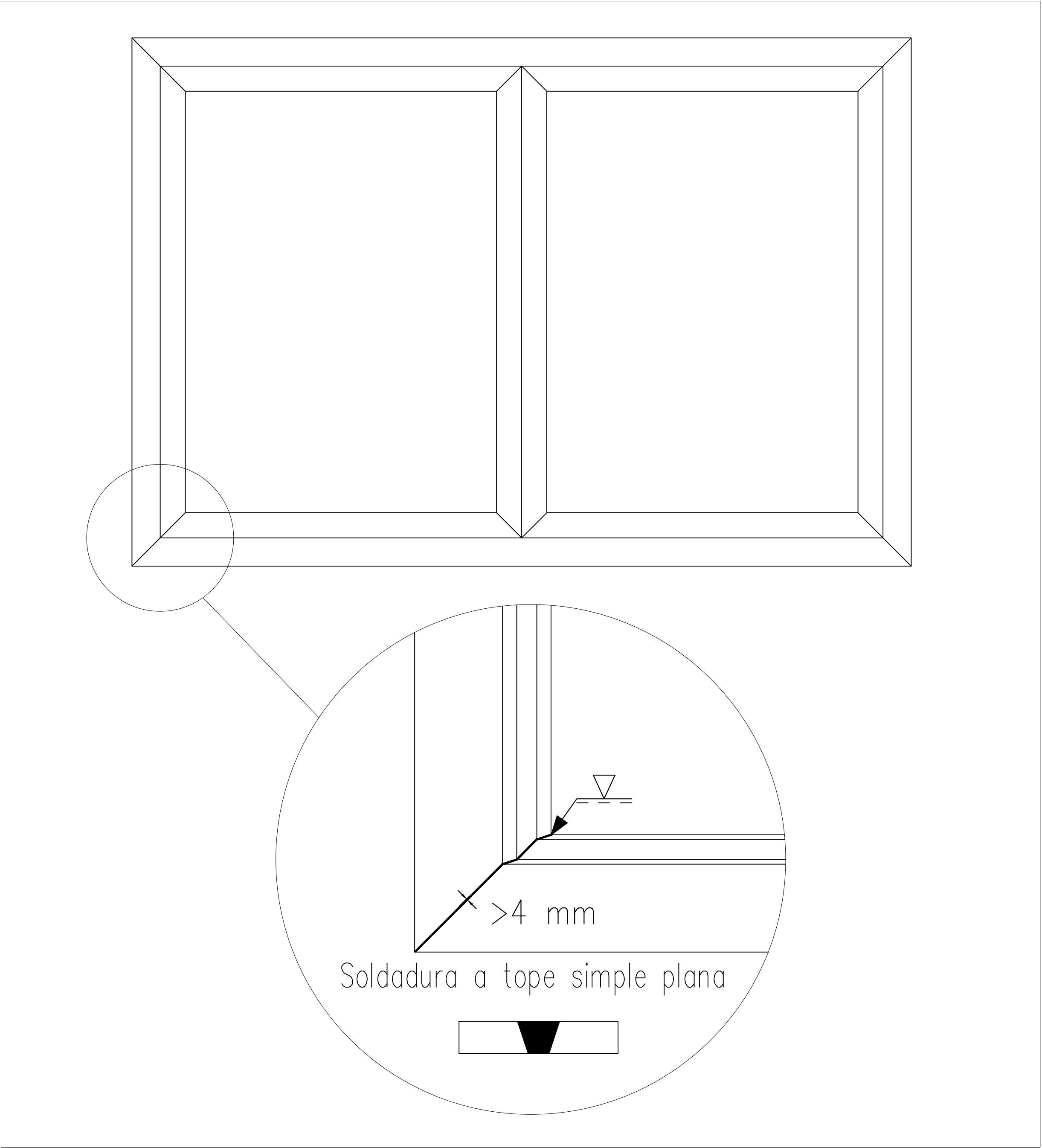
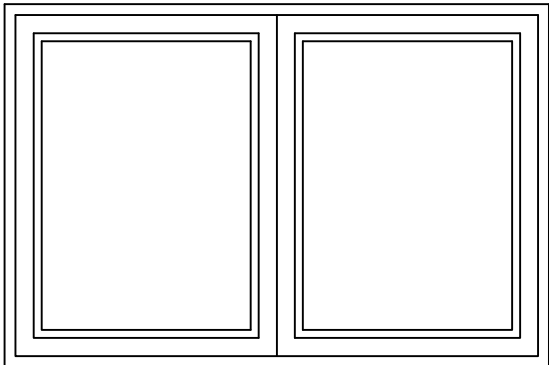
2.2. Ajuste de todos los perfiles, se atornillan los refuerzos y se realiza la soldadura




| | | | | |
|---|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 10 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación V: Ajuste de refuerzos en los perfiles de PVC | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

3.Soldadura: unión de los perfiles con resina y repasado para que parezca una única pieza

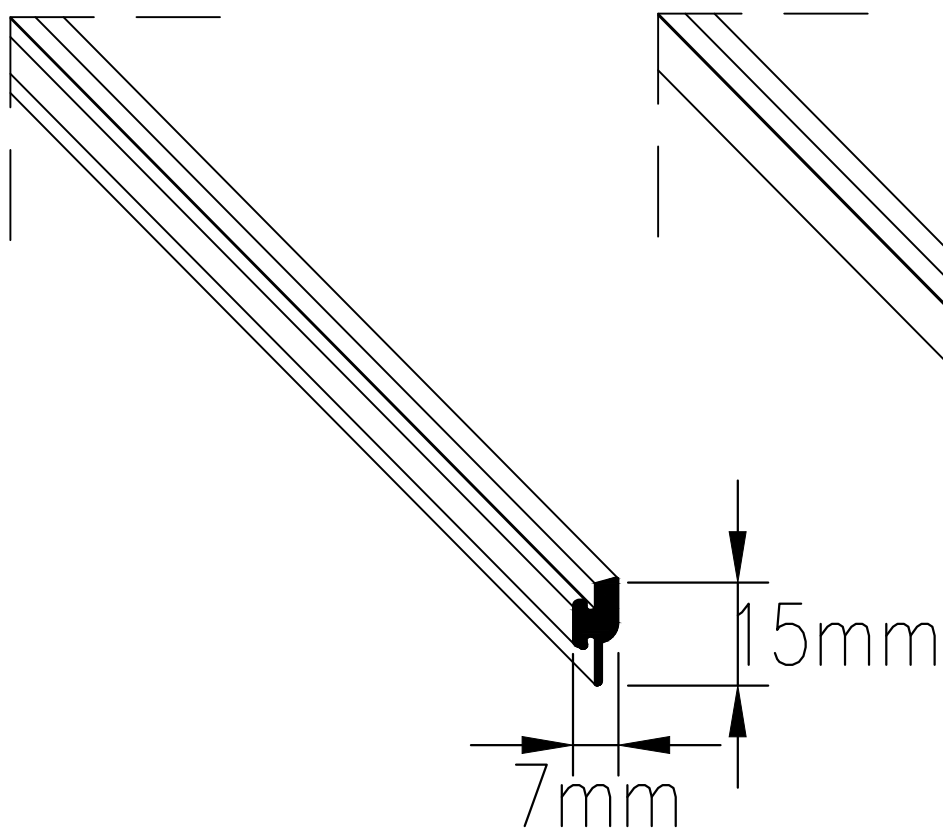
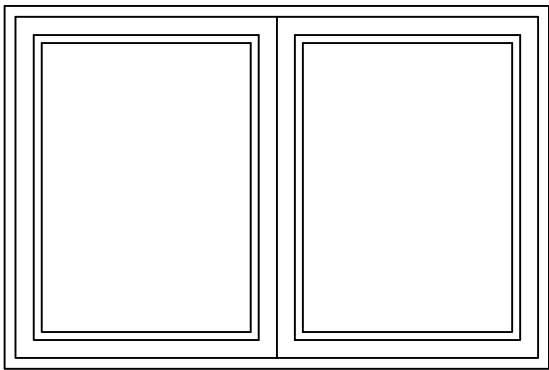
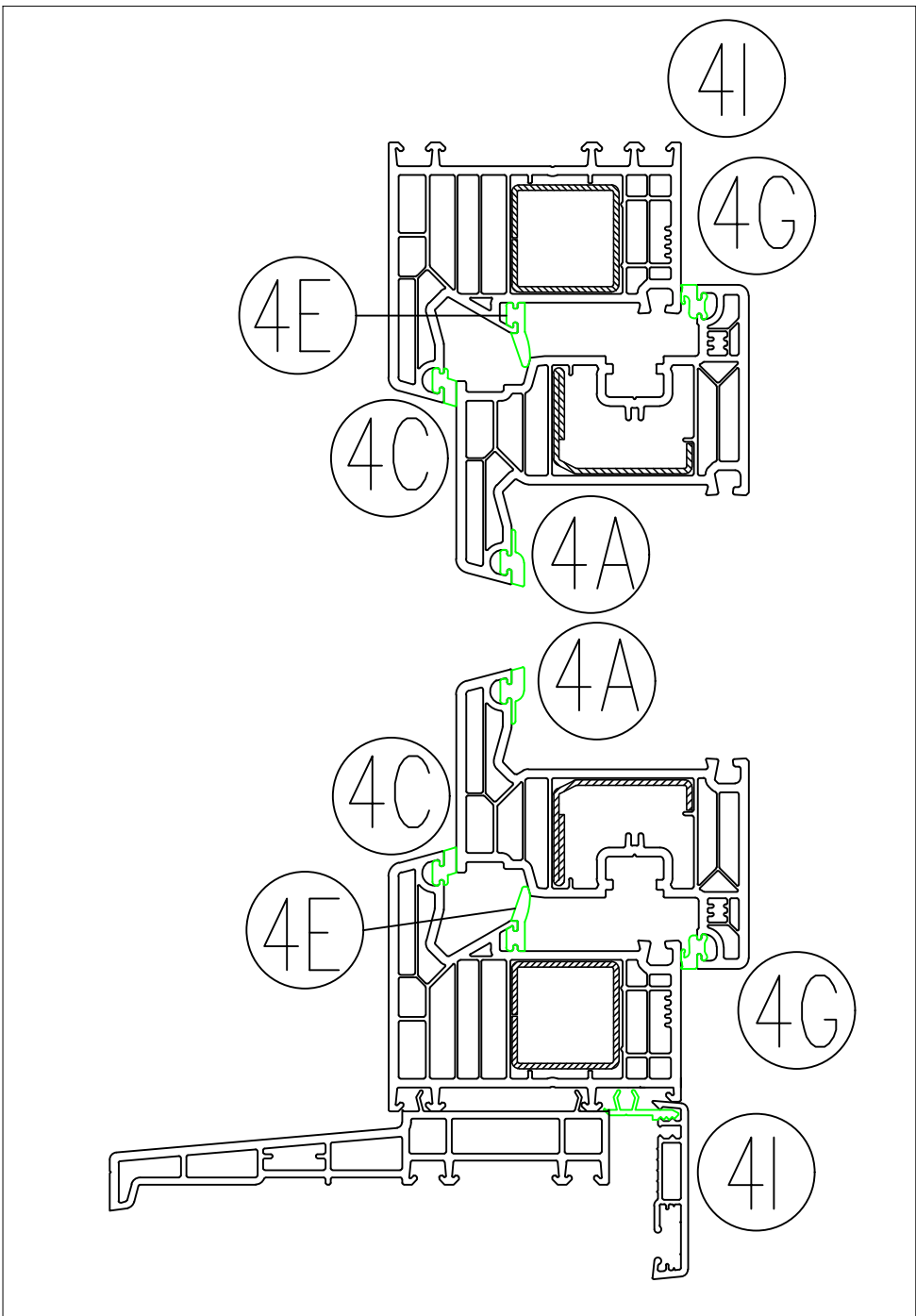
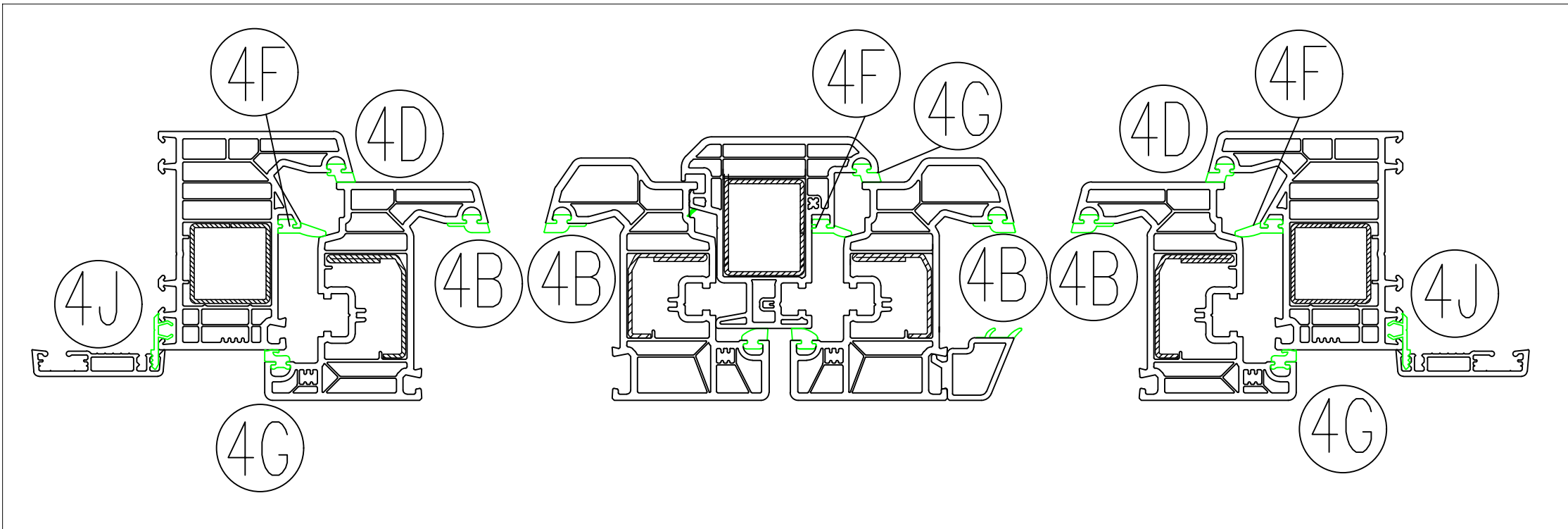


| | | | | |
|---|---|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 11 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación VI: Detalle soldadura de perfiles | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

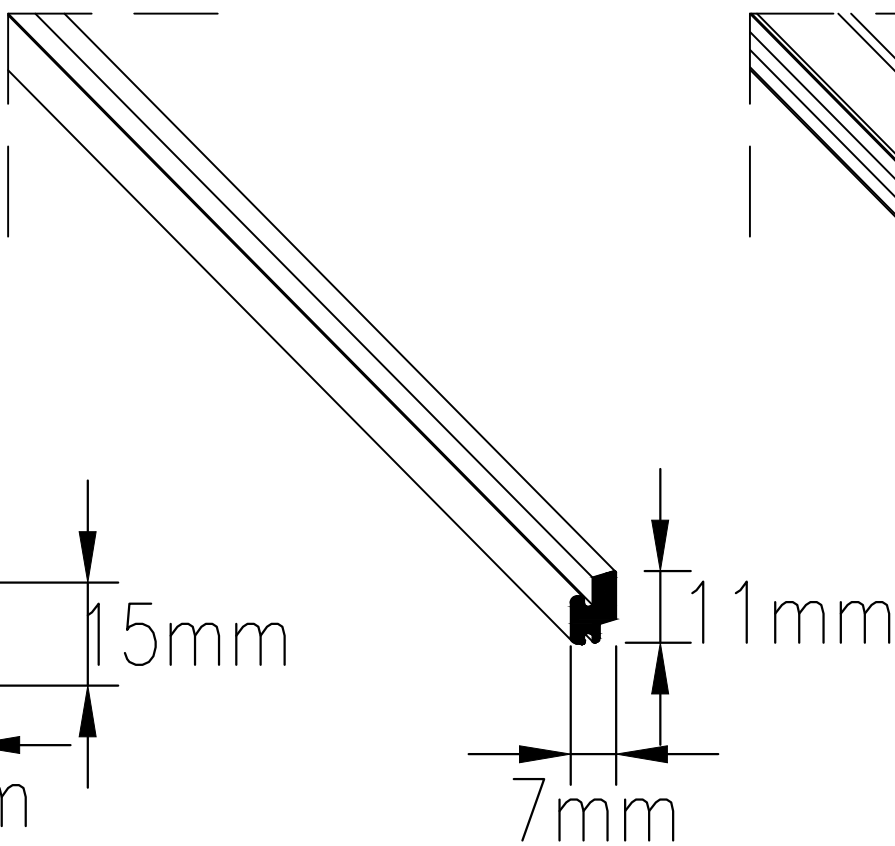
DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

4. Colocación de juntas y herrajes

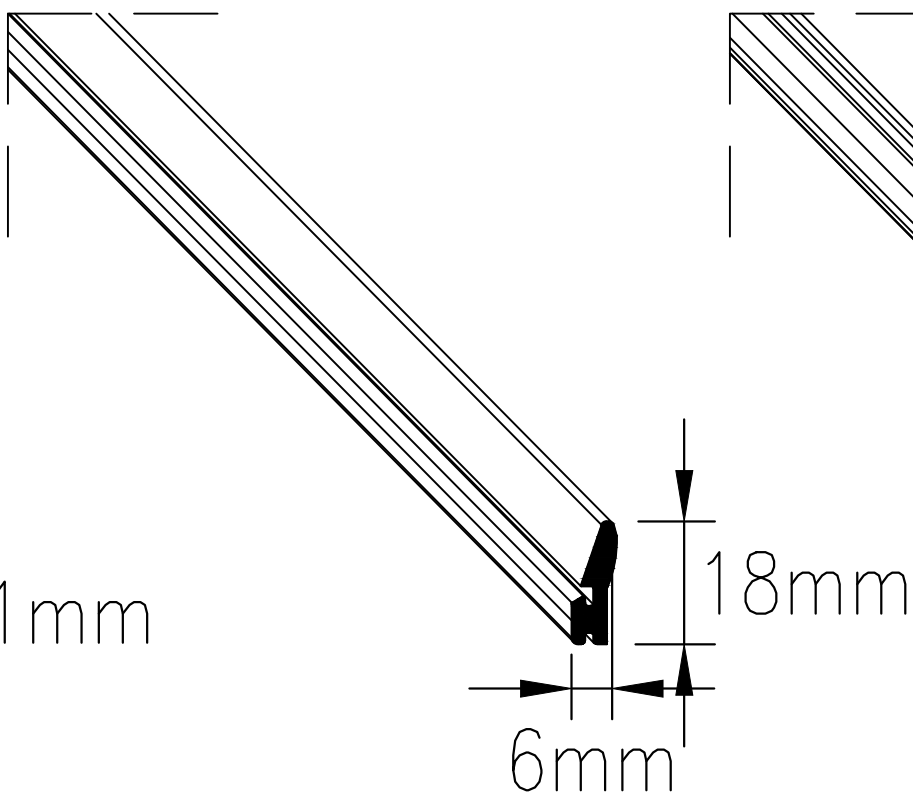
TIPOS DE JUNTAS Y LUGAR DONDE SE AJUSTA



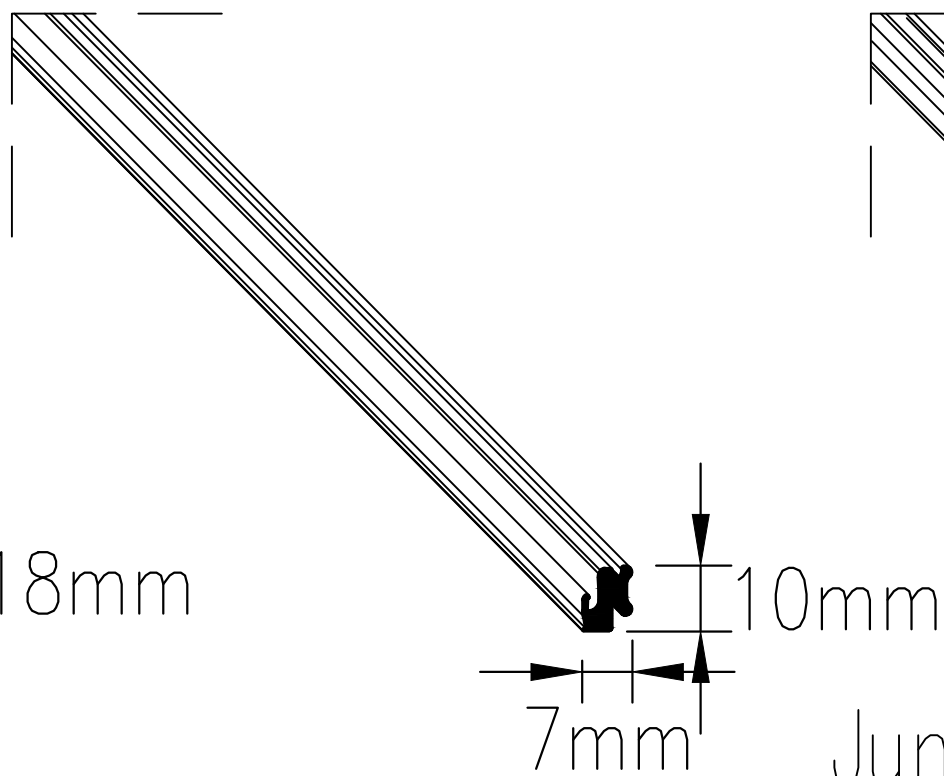
Junta 1
(4A) (4B)



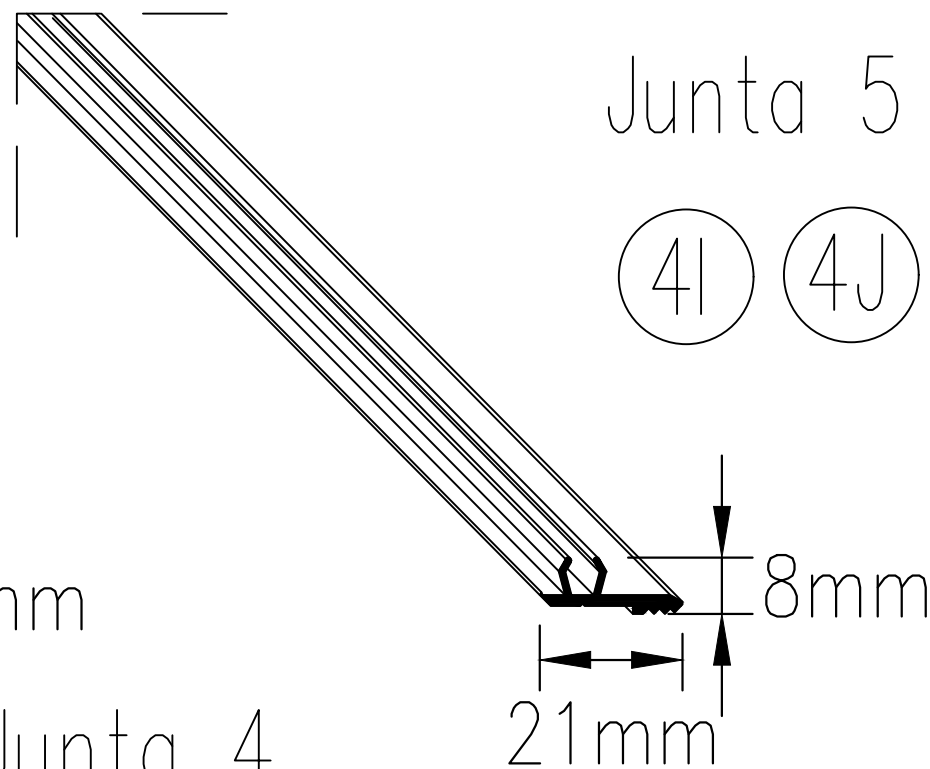
Junta 2
(4C) (4D)



Junta 3
(4E) (4F)



Junta 4
(4G) (4H)



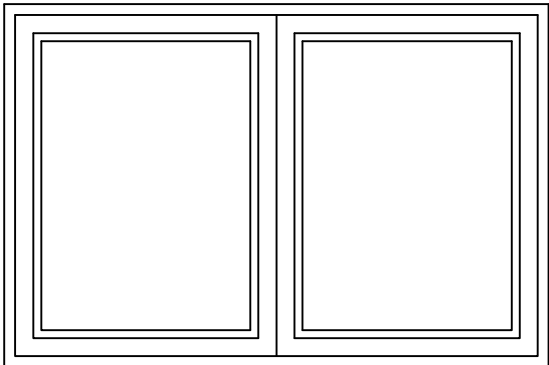
Junta 5
(4I) (4J)

| | | | | |
|------------|--|---------------------|--|-----------------|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica | |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 12 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación VII: Colocación de juntas de EPDM | | | REFERENCIA: |
| | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

4. Colocación de juntas y herrajes

El herraje va a depender del tipo de ventana que seleccione el cliente



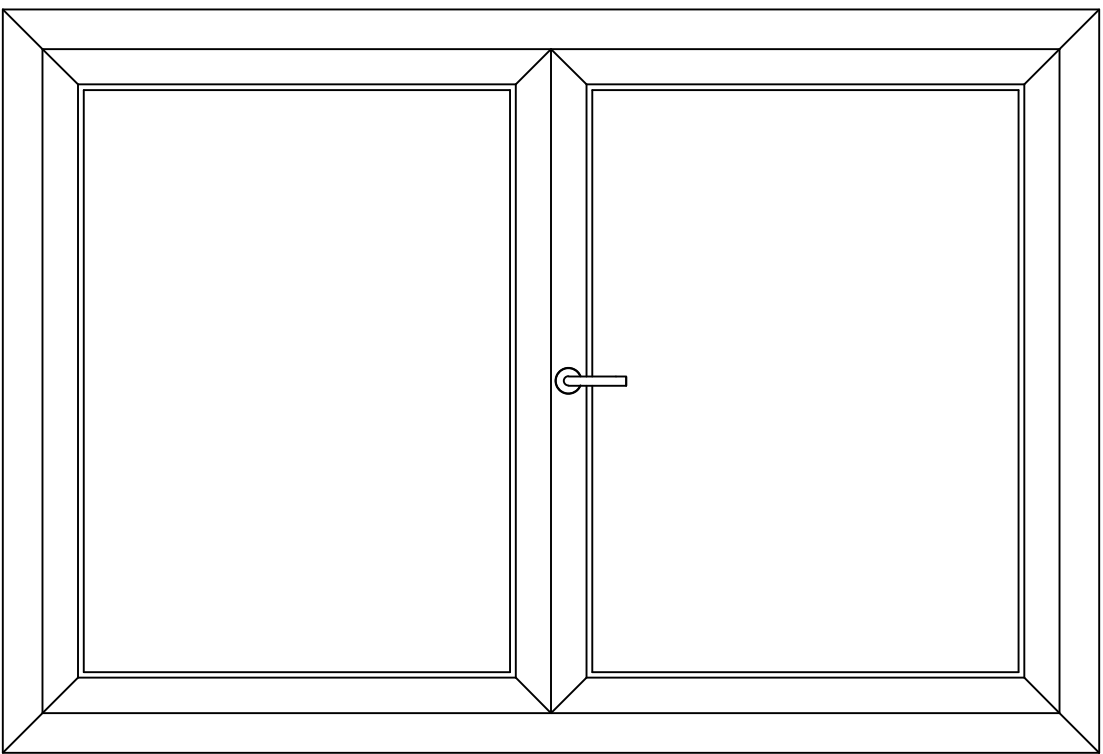
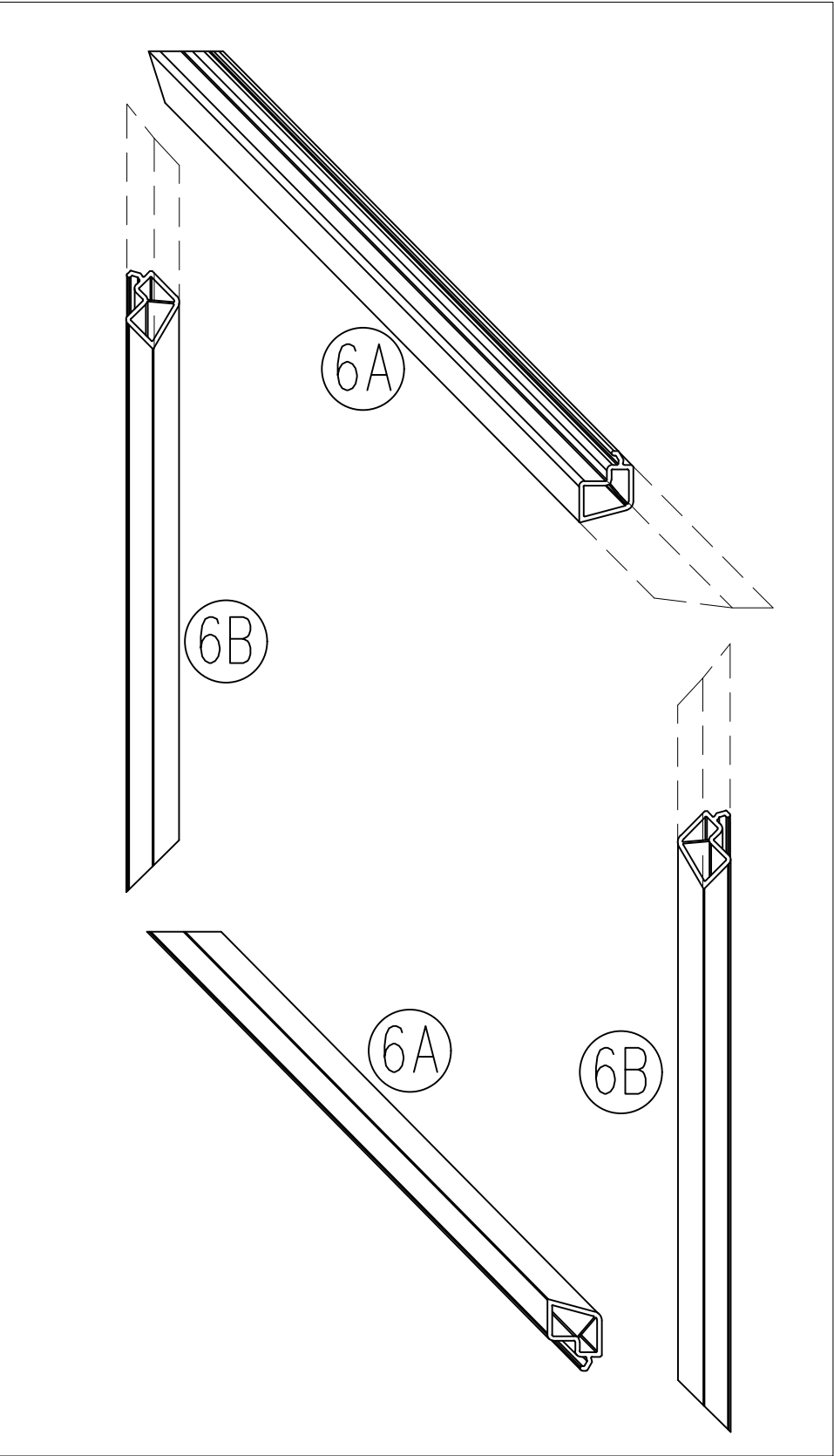
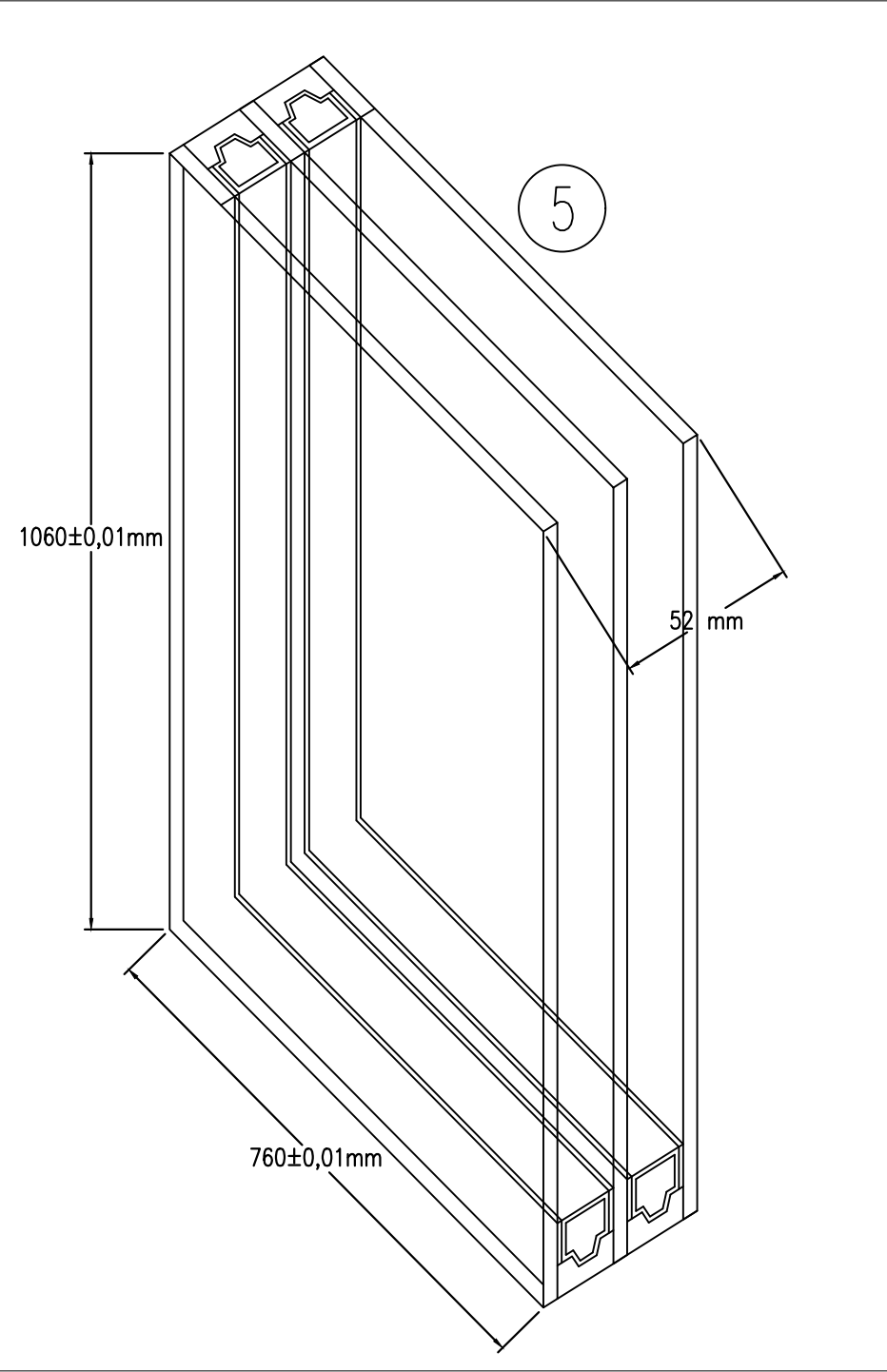
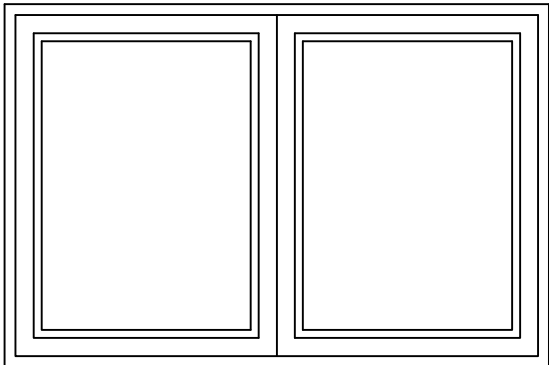
- 1. Cerradero antirrobo
- 2. Cerradero antirrobo
- 3. Cerradero de elevador
- 4. Bulones
- 5. Cierre oscilante horizontal
- 6. Cremona
- 7. Elevador de la cremona
- 8. Compases de oscilación
- 9. Esquina
- 10. Cierre central
- 11. Bisagra superior
- 12. Bisagra inferior

| | | | | |
|------------|---|---------------------|--|-----------------|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica | |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 13 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación VIII: Incorporación de herraje | | | REFERENCIA: |
| | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

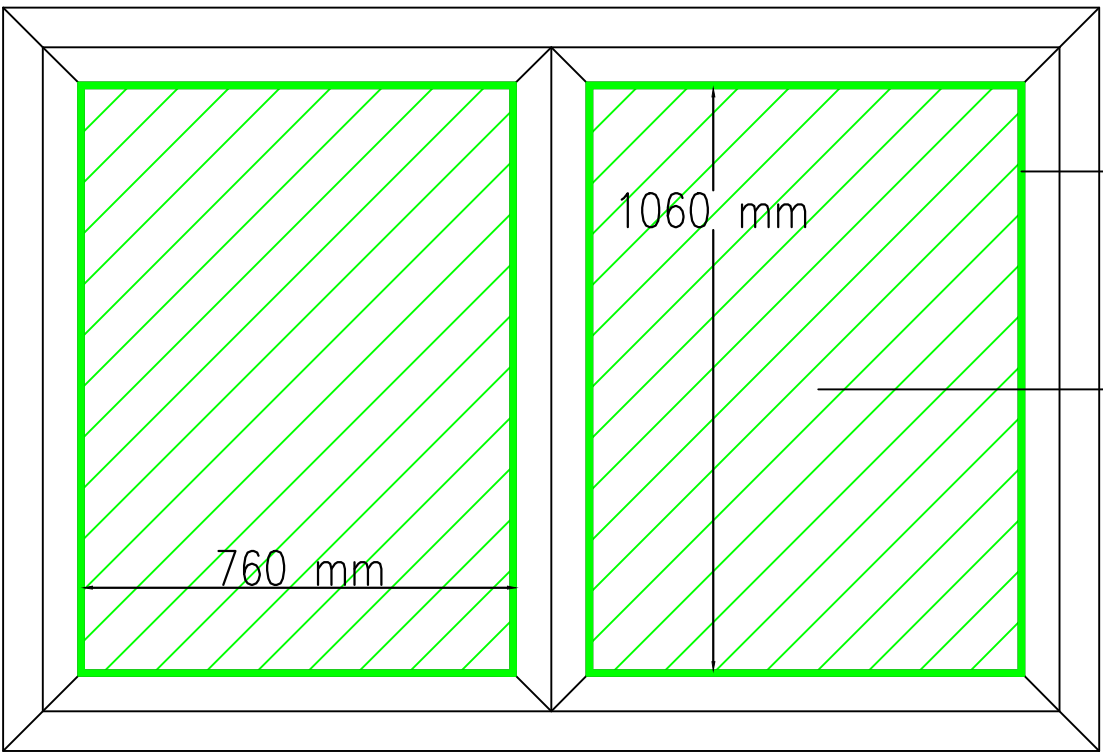
DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

5. Incorporación del acristalamiento en el marco

Acristalamiento de triple vidrio 4BE-20-4-20-4BE: Perfiles que ajustan el acristalamiento al marco



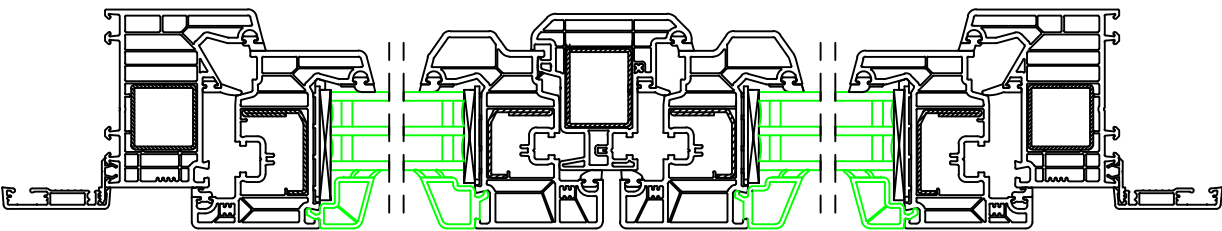
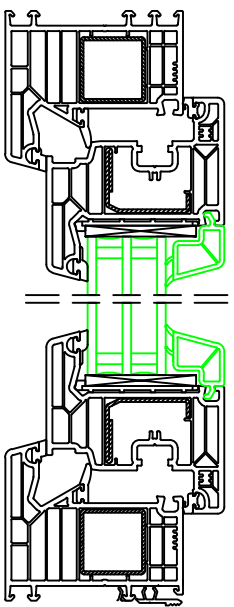
Ventana vista desde dentro





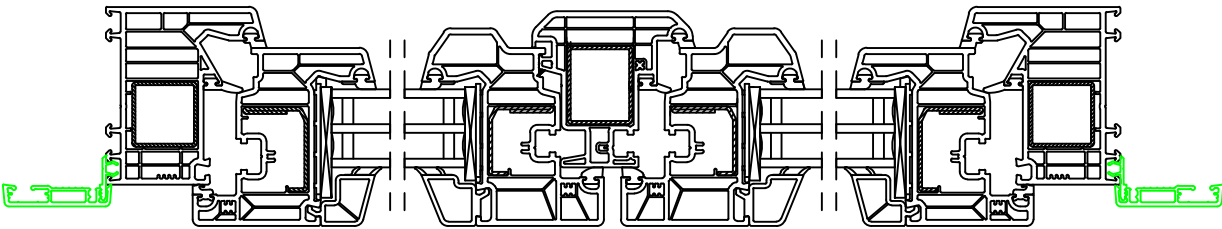
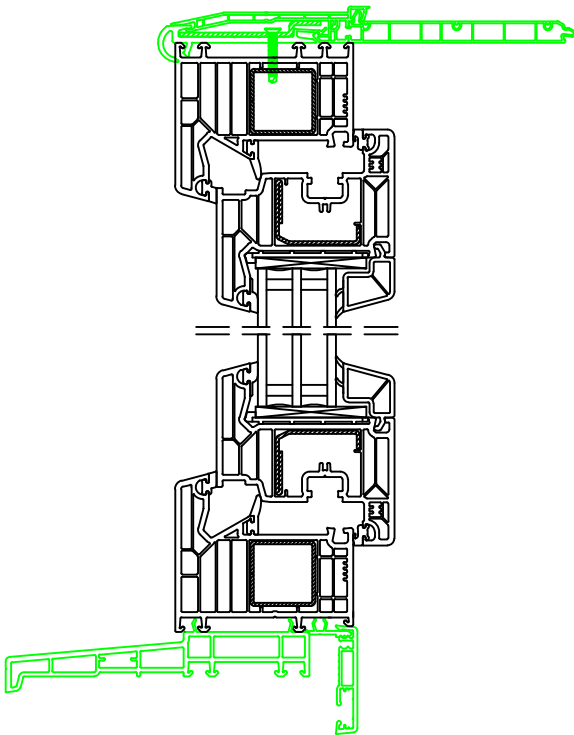
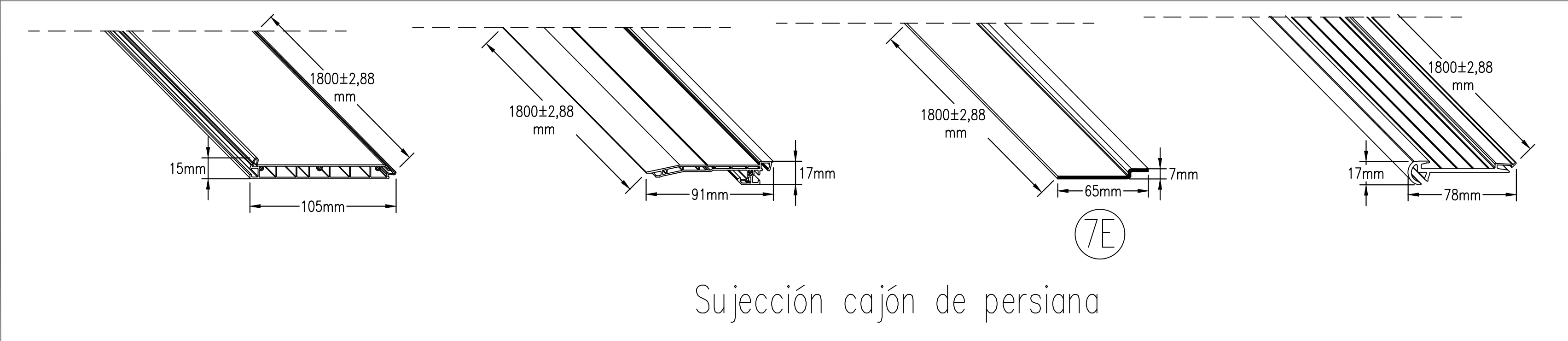
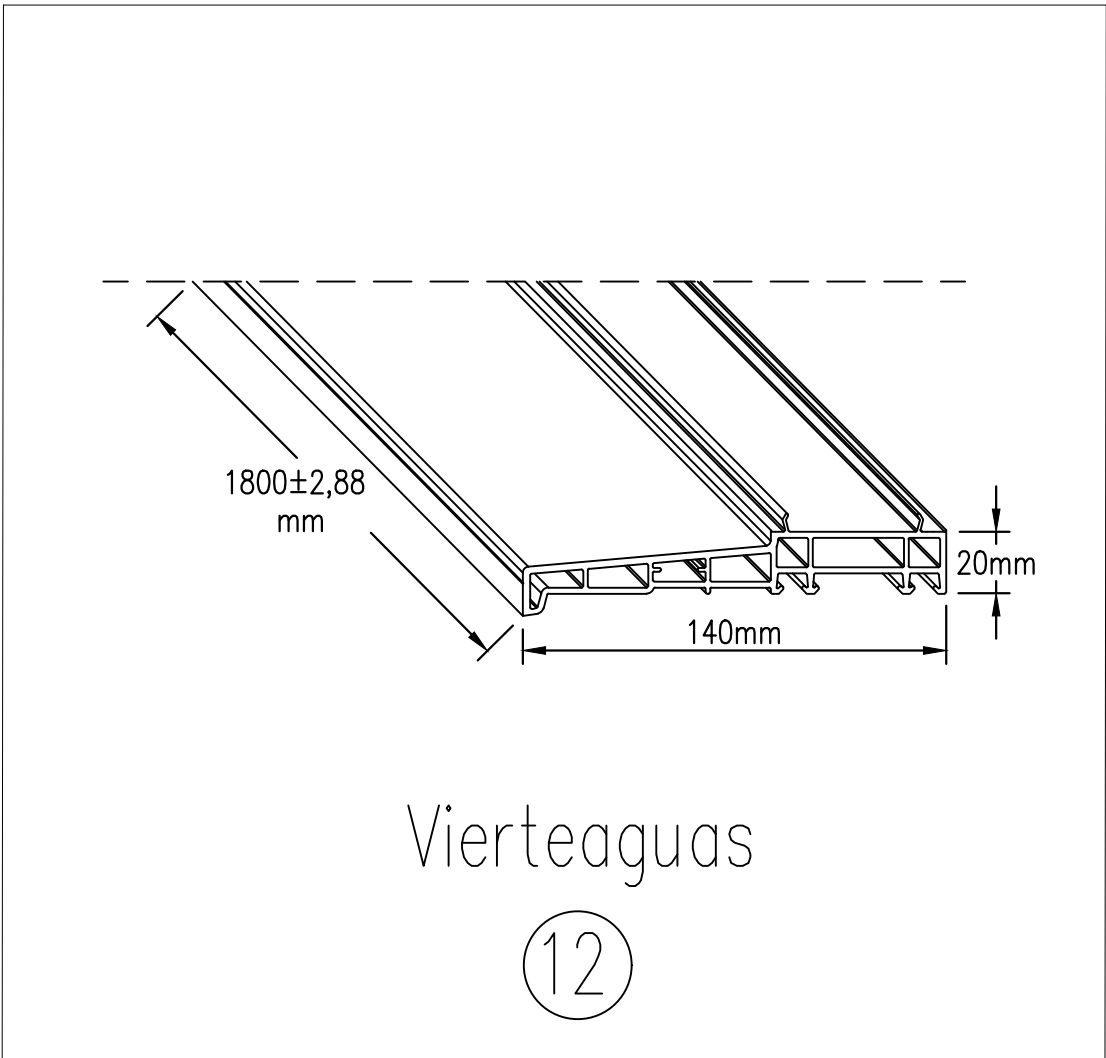
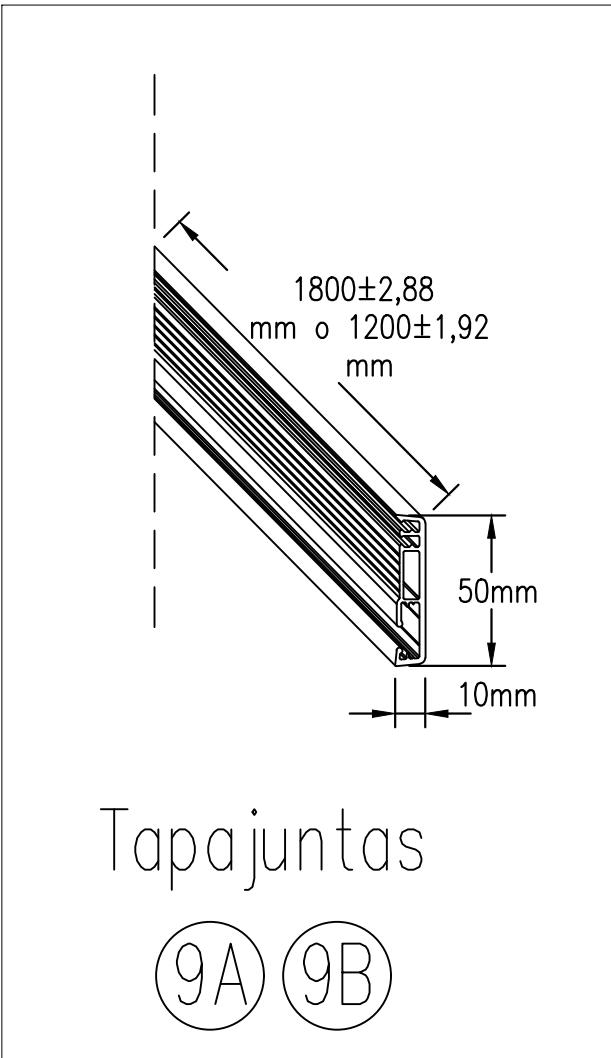
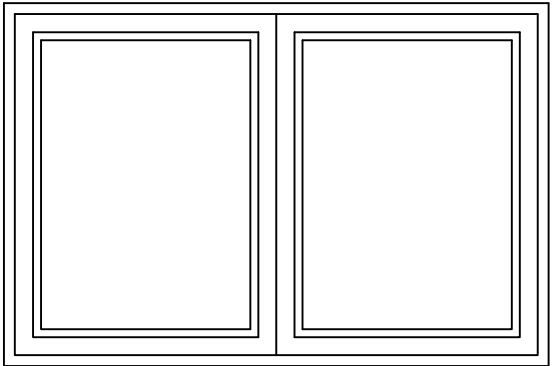
Ventana vista desde fuera


Perfil que ajusta el vidrio al marco

Acristalamiento 4BE-20-4-20-4BE



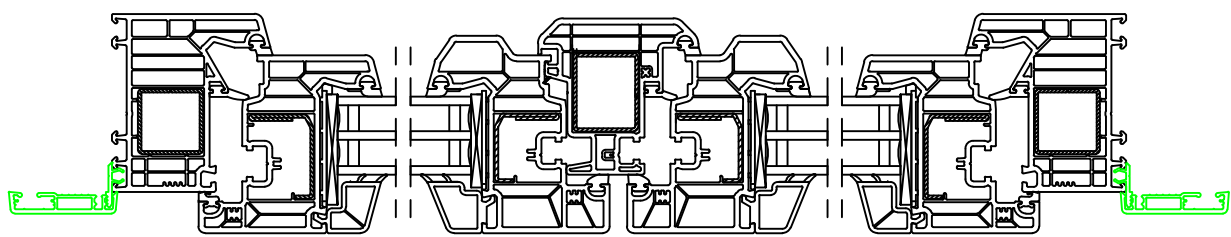
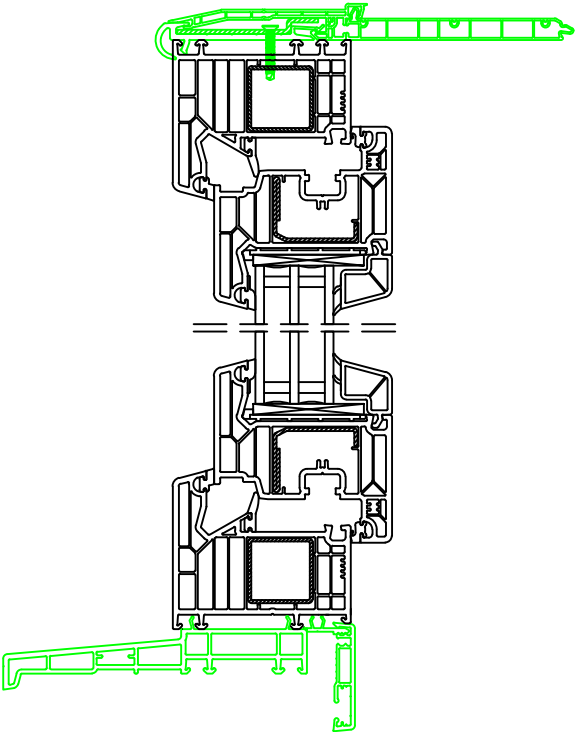
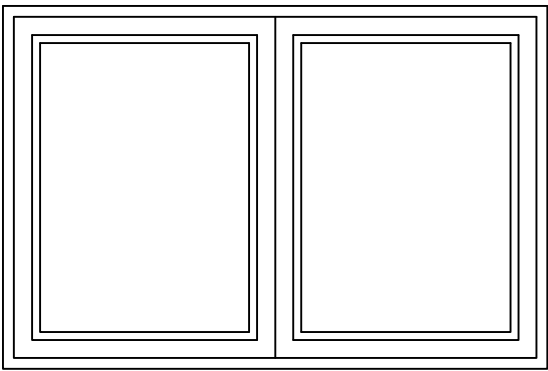
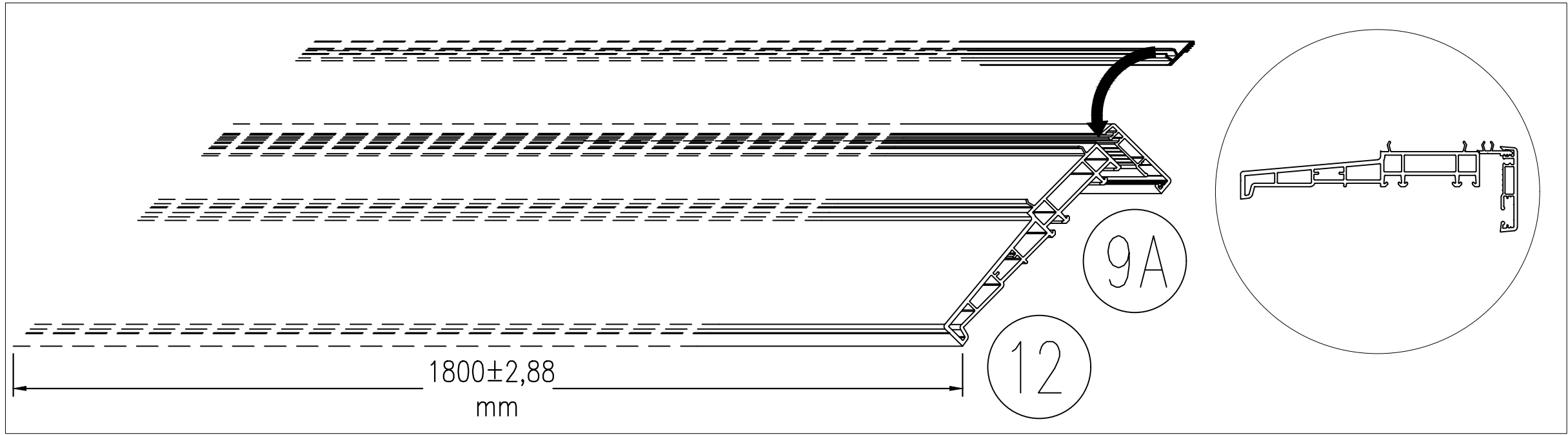
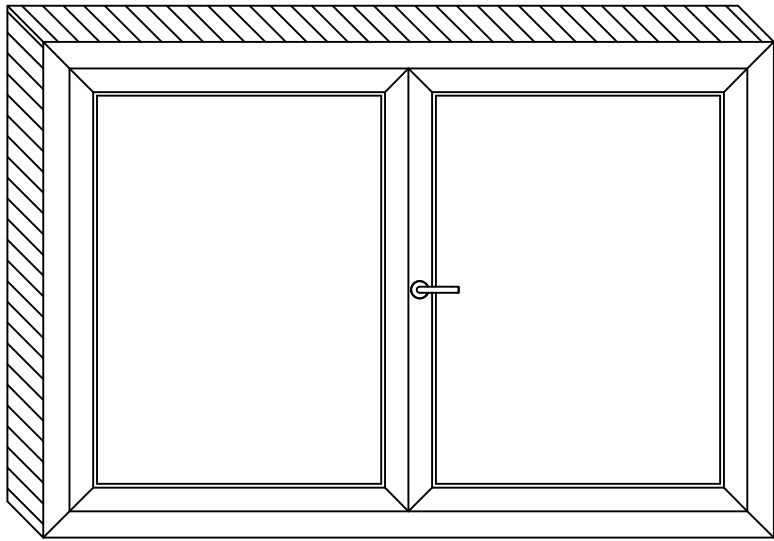
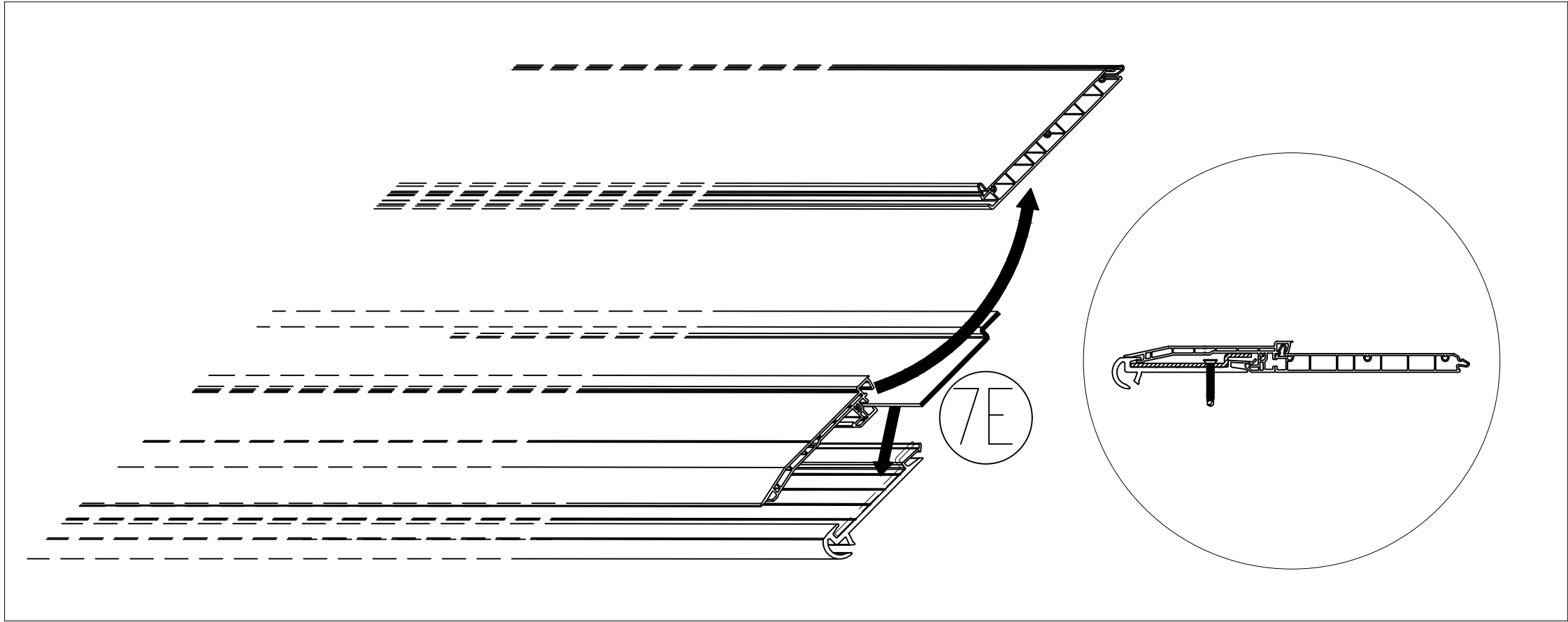
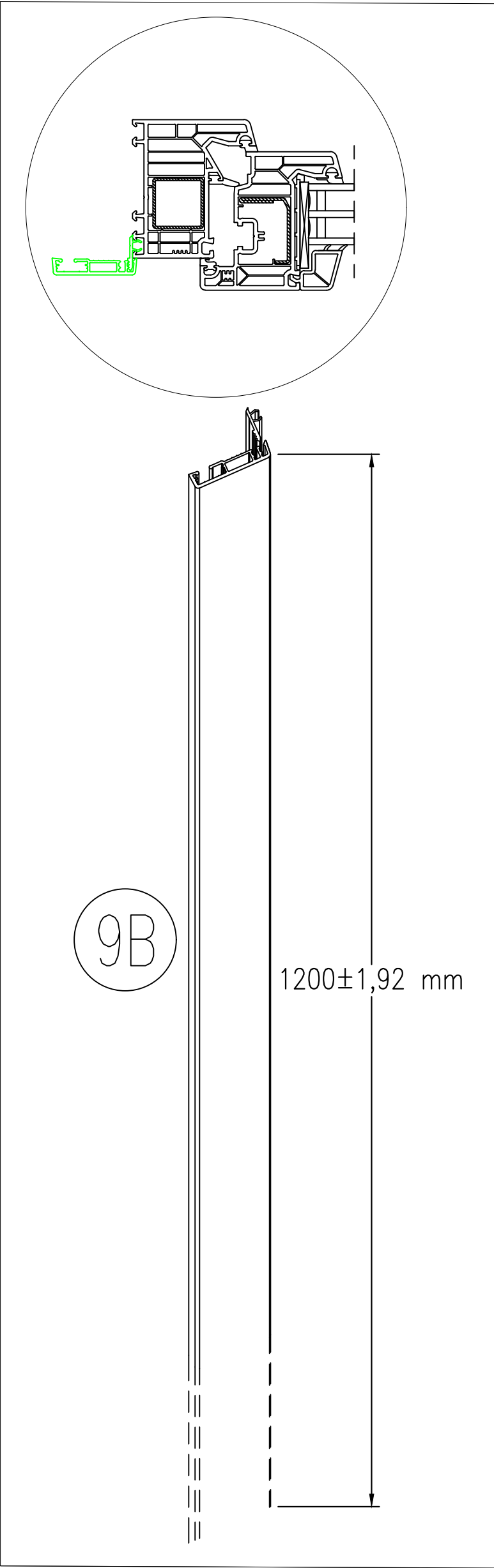
| | | | | |
|---|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 14 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación IX: Ajuste del acristalamiento en la carpintería | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |





| | | | | |
|------------|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | Número: | 15 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación X: Colocación de otros perfiles | | REFERENCIA: | |
| | | | Sustituye a: | |
| | | | Sustituido por: | |

DETALLES PARA LA FABRICACIÓN

6. Ajuste de otros perfiles (embellecedores y perfil para cajón de persiana)

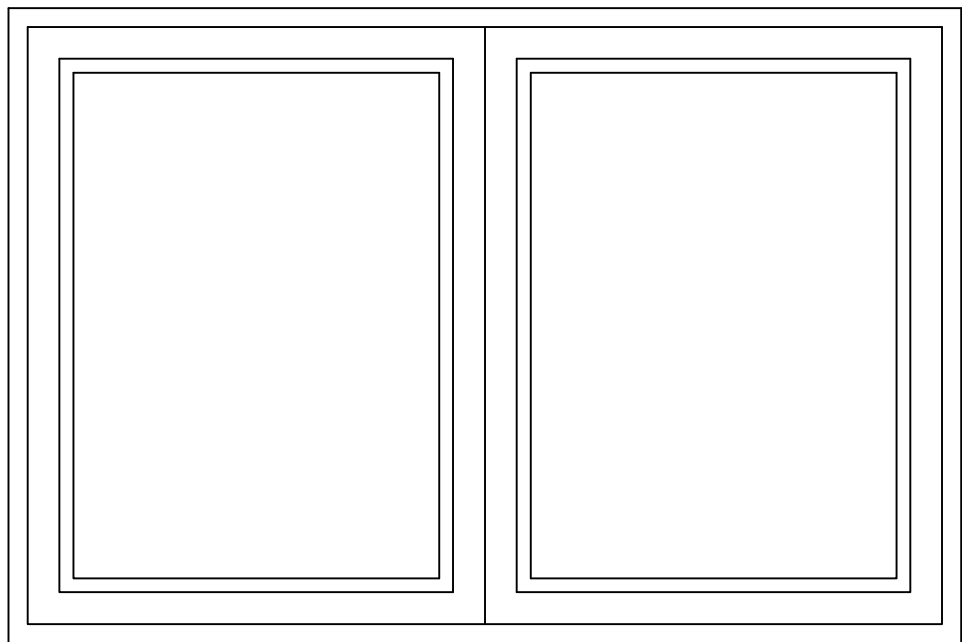
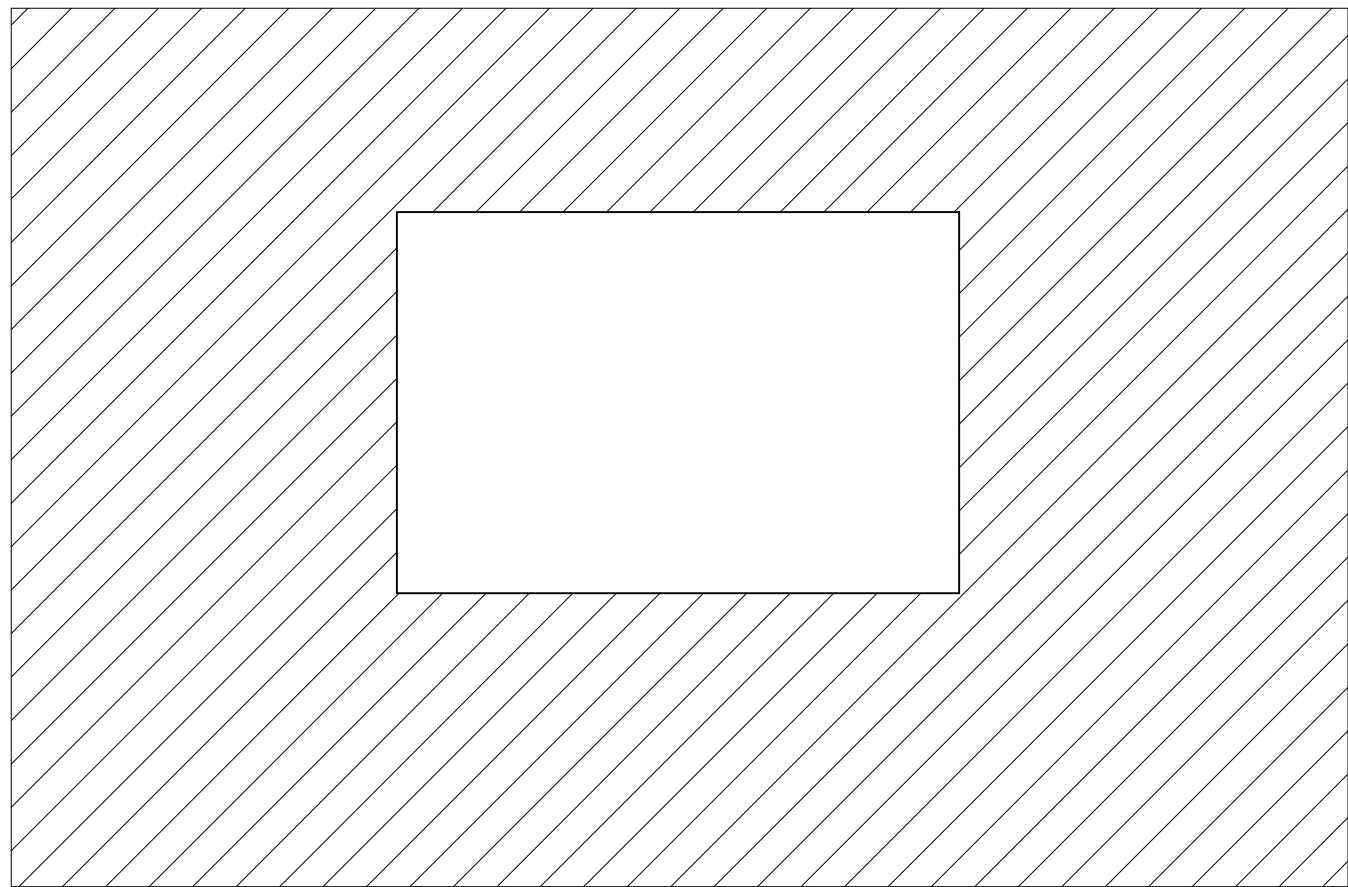


| | | | | |
|---|--|---------------------|--|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: 16 |
| PROYECCIÓN | Plano de fabricación XI: Colocación de otros perfiles | | | REFERENCIA: |
|  | | | | Sustituye a: |
| | | | | Sustituido por: |

PROCESO DE COLOCACIÓN

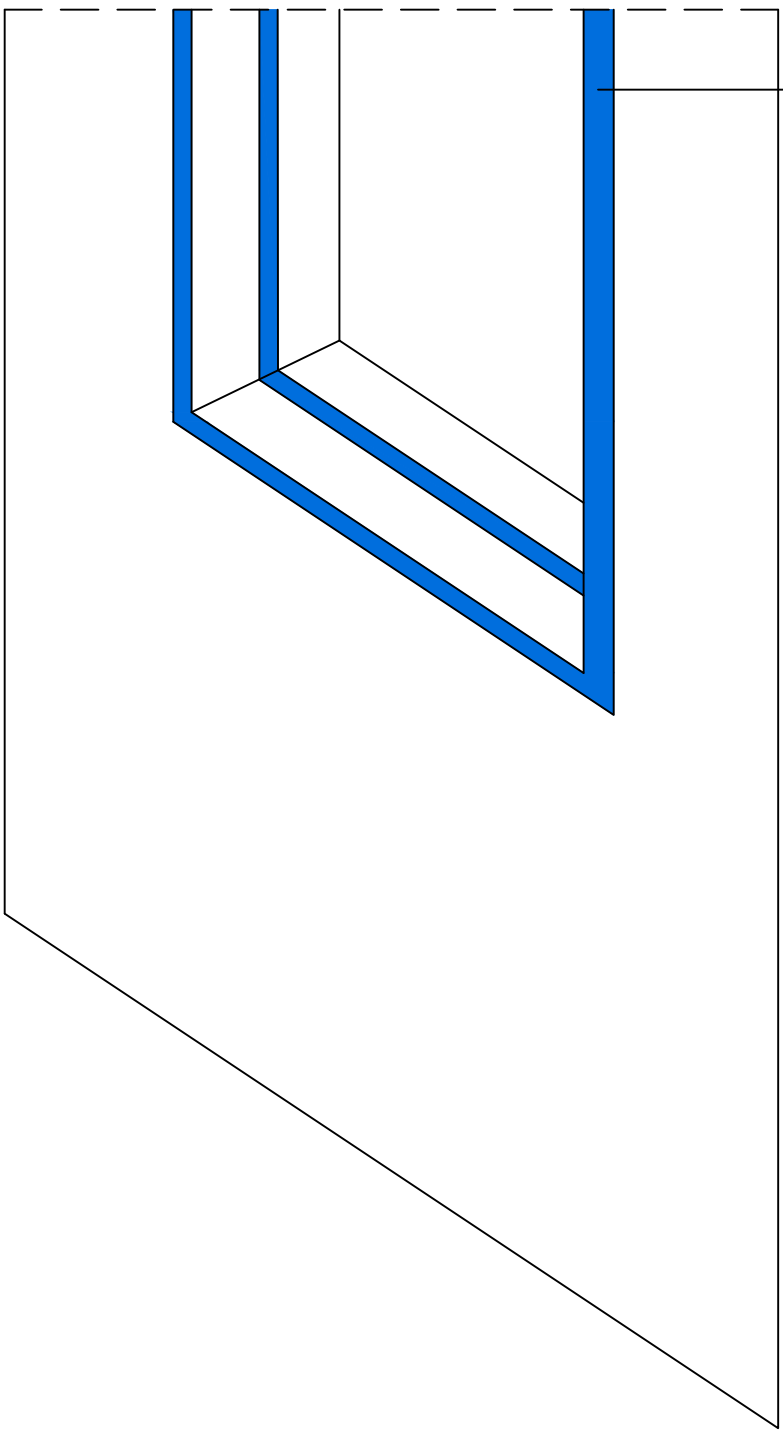
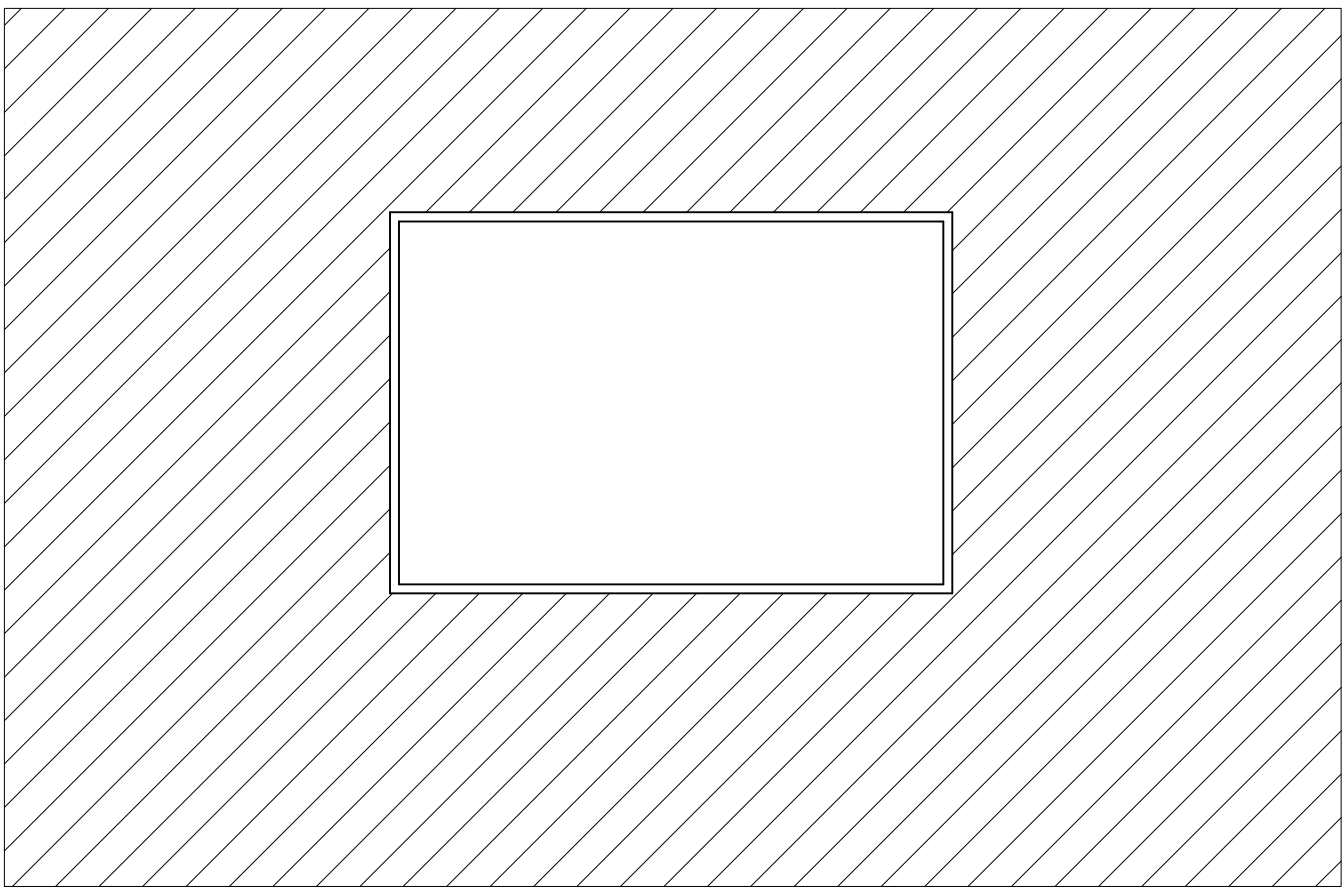
1. PREPARACIÓN DE HUECO

El tamaño del hueco será de dimensiones el tamaño de la ventana a colocar + el espesor del premarco (3 cm)



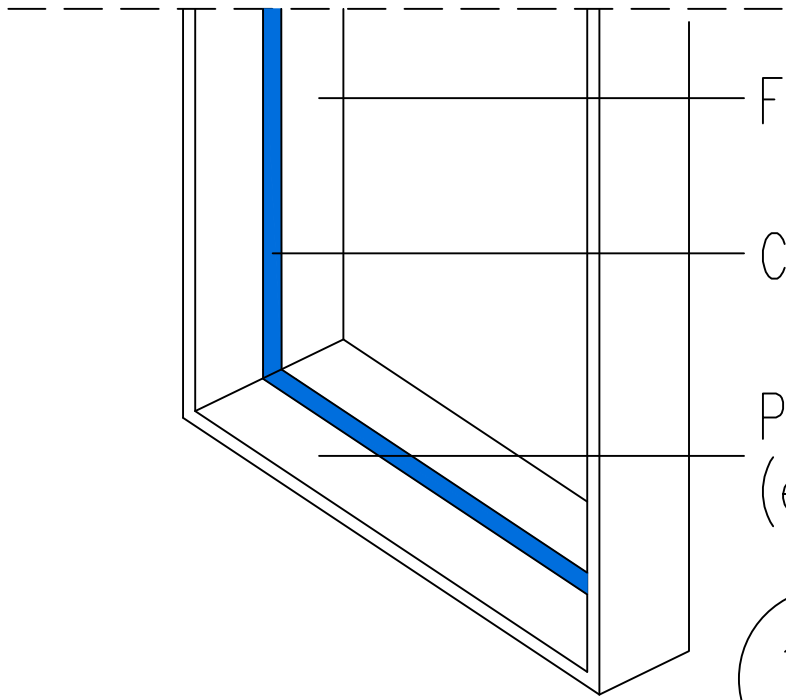
2. COLOCACIÓN DEL PREMARCO

Premarco de madera de 3 cm de espesor





Cinta de hermeticidad entre premarco y pared exterior

14



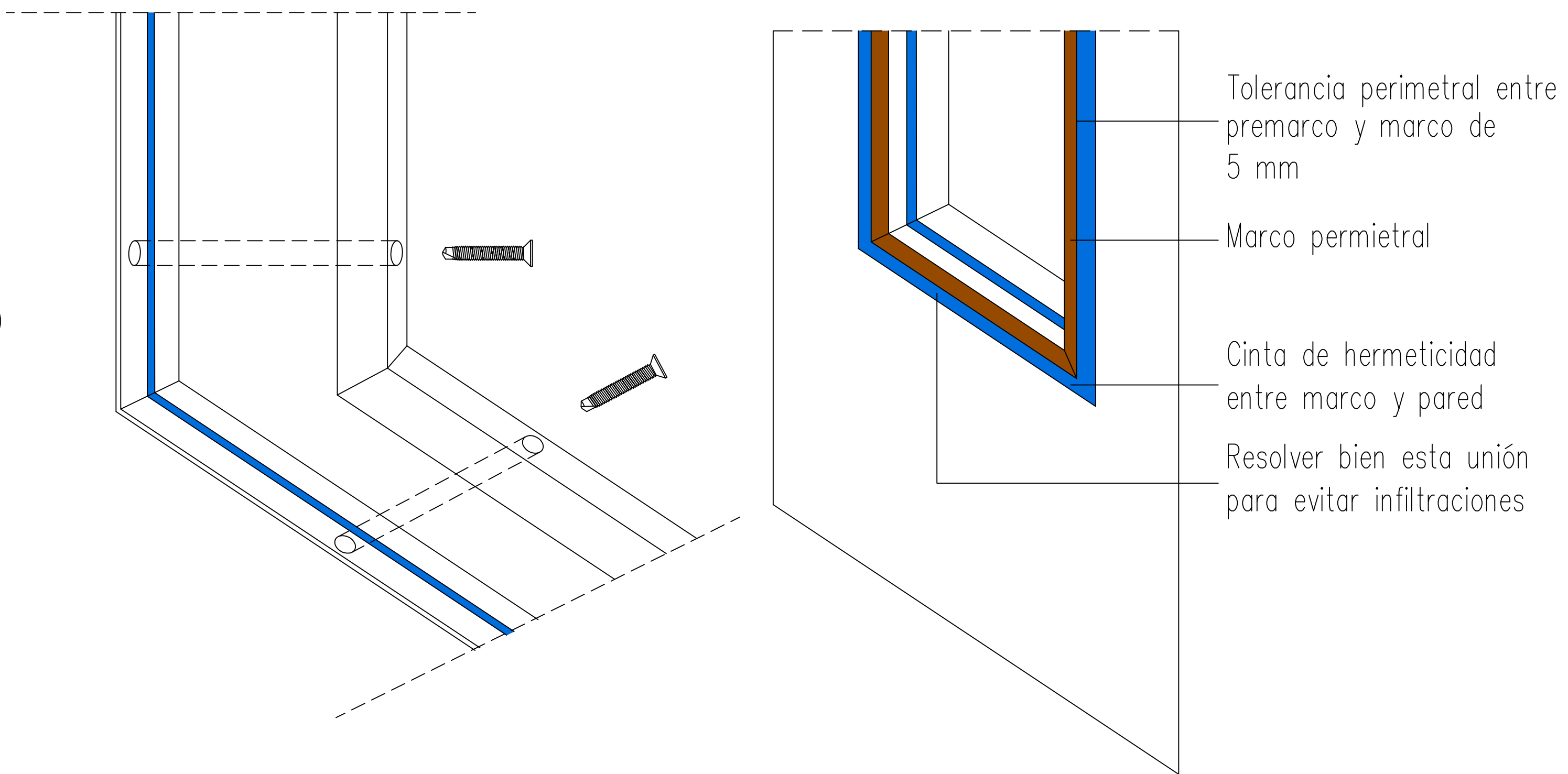
Fachada exterior
Cinta de hermeticidad
Premarco de madera
(e = 3 cm)

10

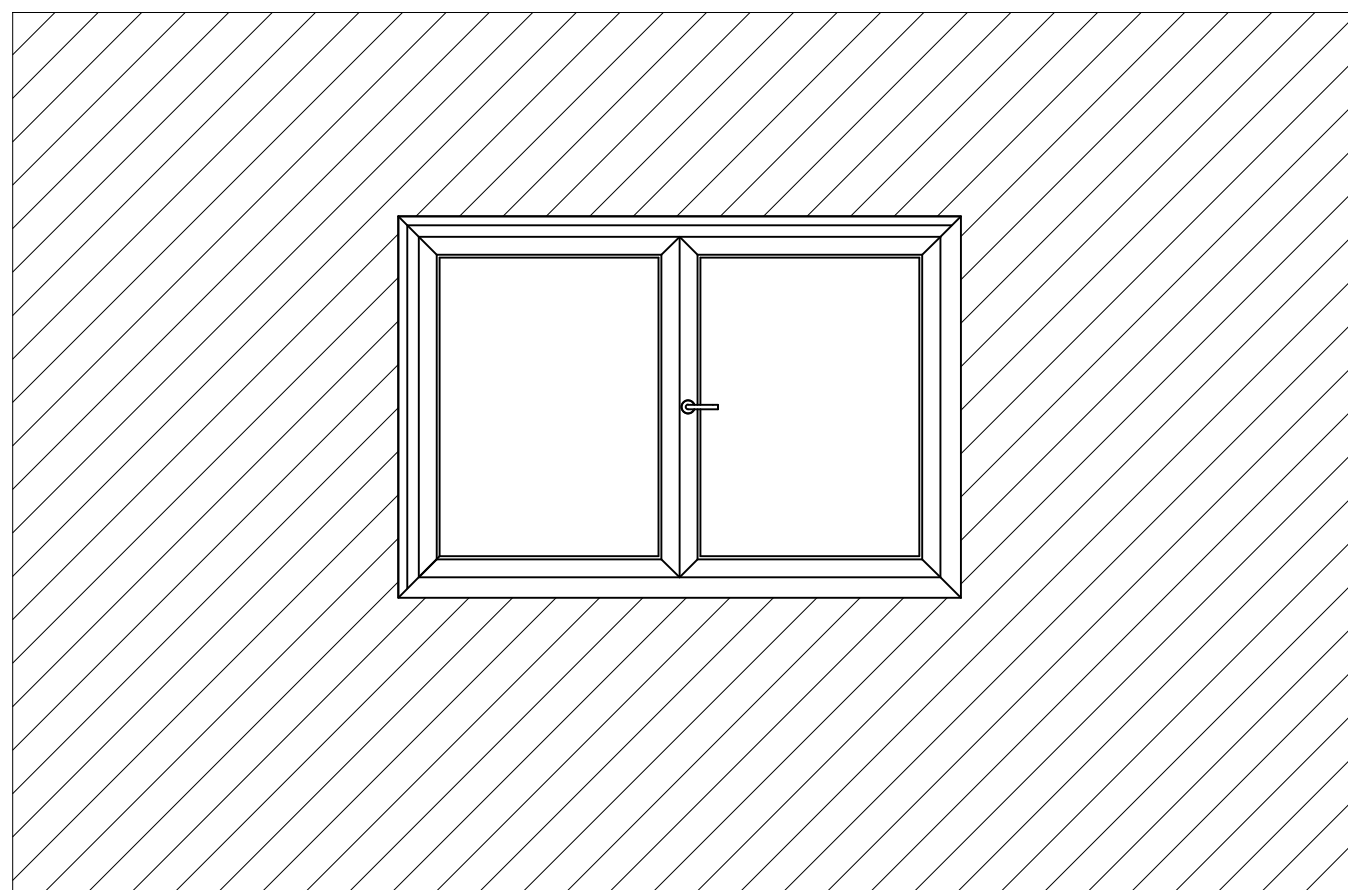
| | | | | | |
|---|---|---------------------|--|-----------------|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica | |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: | 17 |
| PROYECCIÓN | Plano de colocación en obra I: Preparación del hueco y colocación del premarco | | | REFERENCIA: | |
|  | | | | Sustituye a: | |
| | | | | Sustituido por: | |



PROCESO DE COLOCACIÓN

3. COLOCACIÓN DEL MARCO SOBRE EL PREMARCO
Se fija el marco sobre el premarco con ayuda de un taladro



4. AJUSTAR LA VENTANA COMPLETA AL MARCO



| | | | | | |
|---|--|---------------------|--|-----------------|---|
| | Fecha | Nombre | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica | |  |
| Dibujado | 06/09/2020 | Ana Calle Gutiérrez | | | |
| Comprob | 07/09/2020 | Félix Sanz Adán | | | |
| U.S.Norm | U.N.E | | | | |
| Escala | Ventana de altas prestaciones "Passivhaus" | | | Número: | 18 |
| PROYECCIÓN | Plano de colocación en obra II: Ajuste del marco en el premarco y ajuste de ventana completa | | | REFERENCIA: | |
|  | | | | Sustituye a: | |
| | | | | Sustituido por: | |

6 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

6.1 Legislación y normativa modificada para el estándar Passivhaus

Esta directiva establece que a partir del 31 de diciembre del 2020 todos los edificios que se construyan deberán de ser Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN = nZeb). En la actualidad, España no ha definido los parámetros que definirán un Edificio de Consumo Casi Nulo, aunque si se han realizado modificaciones a finales del año 2019 en documento básico HE (DB-HE) de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, añadiendo incluso protección frente al Radón.

Las modificaciones que se han realizado en el DB-HE son las siguientes:

MODIFICACIONES DB-HE 0: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Antes de las modificaciones, en este documento se exigía el cumplimiento de una fórmula usando unos factores que facilitaba este, teniendo en cuenta la zona climática de una vivienda. Este cálculo servía para obtener el consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte de estudio.

| | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A* | B* | C* | D | E |
| $C_{ep,base} [kW \cdot h/m^2 \cdot año]$ | 40 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 |
| $F_{ep,sup}$ | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 3000 | 4000 |

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

Imagen 40. DB-HE 0 sin actualizar

Siendo:

- $C_{ep, base}$: valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, relacionada con la zona climática de invierno.
- $F_{ep, sup}$: factor de corrección por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable.
- S : superficie útil de los espacios habitables del edificio o parte a estudiar.
- $C_{ep, lim}$: valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para calefacción, refrigeración y ACS considerando la superficie útil de los espacios habitable.

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

| Zonas climáticas Península Ibérica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|---------|---------|---------|----|----|---------|---------|----|----|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|
| Capital | Z.C. | Altitud | A4 | A3 | A2 | A1 | B4 | B3 | B2 | B1 | C4 | C3 | C2 | C1 | D3 | D2 | D1 | E1 |
| Albacete | D3 | 677 | | | | | | | | | | h < 450 | | | h < 950 | | | h ≥ 950 |
| Alicante/Alicant | B4 | 7 | | | | | h < 250 | | | | | h < 700 | | | h ≥ 700 | | | |
| Almería | A4 | 0 | h < 100 | | | | h < 250 | h < 400 | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 | | | |
| Ávila | E1 | 1054 | | | | | | | | | | | | | | h < 550 | h < 850 | h ≥ 850 |
| Badajoz | C4 | 168 | | | | | | | | | h < 400 | h < 450 | | | h ≥ 450 | | | |
| Barcelona | C2 | 1 | | | | | | | | | | h < 250 | | | | h < 450 | h < 750 | h ≥ 750 |
| Bilbao/Bilbo | C1 | 214 | | | | | | | | | | | h < 250 | | | | h ≥ 250 | |
| Burgos | E1 | 861 | | | | | | | | | | | | | | | h < 600 | h ≥ 600 |
| Cáceres | C4 | 385 | | | | | | | | | h < 600 | | | | h < 1050 | | | h ≥ 1050 |
| Cádiz | A3 | 0 | | h < 150 | | | | h < 450 | | | | h < 600 | h < 850 | | | h ≥ 850 | | |
| Castellón/Castelló | B3 | 18 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h < 600 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Ceuta | B3 | 0 | | | | | | h < 50 | | | | | | | | | | |
| Ciudad Real | D3 | 630 | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h ≥ 500 | | | |
| Córdoba | B4 | 113 | | | | | h < 150 | | | | h < 550 | | | | h ≥ 550 | | | |
| Coruña, La/ A Coruña | C1 | 0 | | | | | | | | | | | h < 200 | | | | h ≥ 200 | |
| Cuenca | D2 | 975 | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h < 1050 | | h ≥ 1050 |
| Gerona/Girona | D2 | 143 | | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 600 | | h ≥ 600 |
| Granada | C3 | 754 | h < 50 | | | | h < 350 | | | | h < 600 | h < 800 | | | h < 1300 | | | h ≥ 1300 |
| Guadalajara | D3 | 708 | | | | | | | | | | | | | h < 950 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Huelva | A4 | 50 | h < 50 | | | | h < 150 | h < 350 | | | | h < 800 | | | h ≥ 800 | | | |
| Huesca | D2 | 432 | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 400 | h < 700 | | h ≥ 700 |
| Jáén | C4 | 436 | | | | | h < 350 | | | | h < 750 | | | | h < 1250 | | | h ≥ 1250 |
| León | E1 | 346 | | | | | | | | | | | | | | | | h < 600 |
| Lérida/Leida | D3 | 131 | | | | | | | | | h < 100 | | | | h < 600 | | | h ≥ 600 |
| Logroño | D2 | 379 | | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 700 | | h ≥ 700 |
| Lugo | D1 | 412 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h ≥ 500 |
| Madrid | D3 | 589 | | | | | | | | | | h < 500 | | | h < 950 | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Málaga | A3 | 0 | | | | | | h < 300 | | | | h < 700 | | | h ≥ 700 | | | |
| Melilla | A3 | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Murcia | B3 | 25 | | | | | | h < 100 | | | | h < 550 | | | h ≥ 550 | | | |
| Orense/Ourense | D2 | 327 | | | | | | | | | | h < 150 | h < 300 | | | h < 800 | | h ≥ 800 |
| Oviedo | D1 | 214 | | | | | | | | | | | | h < 50 | | | h < 550 | h ≥ 550 |
| Palencia | D1 | 722 | | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | h ≥ 800 |
| Palma de Mallorca | B3 | 1 | | | | | | h < 250 | | | | h ≥ 250 | | | | | | |
| Pamplona/Iruña | D1 | 456 | | | | | | | | | | | h < 100 | | | h < 300 | h < 600 | h ≥ 600 |
| Pontevedra | C1 | 77 | | | | | | | | | | | | h < 350 | | | | h ≥ 350 |
| Salamanca | D2 | 770 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h ≥ 800 |
| San Sebastián/Donostia | D1 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | h < 400 | h ≥ 400 |
| Santander | C1 | 1 | | | | | | | | | | | | h < 150 | | | h < 650 | h ≥ 650 |
| Segovia | D2 | 1013 | | | | | | | | | | | | | | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Sevilla | B4 | 9 | | | | | h < 200 | | | | h ≥ 200 | | | | | | | |
| Soria | E1 | 984 | | | | | | | | | | | | | | h < 750 | h < 800 | h ≥ 800 |
| Tarragona | B3 | 1 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | h ≥ 500 | | | |
| Teruel | D2 | 995 | | | | | | | | | | h < 450 | h < 500 | | | h < 1000 | | h ≥ 1000 |
| Toledo | C4 | 445 | | | | | | | | | h < 500 | | | | h ≥ 500 | | | |
| Valencia/València | B3 | 8 | | | | | | h < 50 | | | | h < 500 | | | | h < 950 | | h ≥ 950 |
| Valladolid | D2 | 704 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h ≥ 800 |
| Vitoria/Gasteiz | D1 | 512 | | | | | | | | | | | | | | | h < 500 | h ≥ 500 |
| Zamora | D2 | 617 | | | | | | | | | | | | | | h < 800 | | h ≥ 800 |
| Zaragoza | D3 | 207 | | | | | | | | | | h < 200 | | | h < 650 | | | h ≥ 650 |
| Capital | Z.C. | Altitud | A4 | A3 | A2 | A1 | B4 | B3 | B2 | B1 | C4 | C3 | C2 | C1 | D3 | D2 | D1 | E1 |

Tabla B.2.- Zonas climáticas de las Islas Canarias

| Zonas climáticas Canarias | | | | | | |
|-----------------------------|------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Capital | Z.C. | Altitud | α3 | A2 | B2 | C2 |
| Palmas de Gran Canaria, Las | α3 | 114 | h < 350 | h < 750 | h < 1000 | h ≥ 1000 |
| Santa Cruz de Tenerife | α3 | 0 | h < 350 | h < 750 | h < 1000 | h ≥ 1000 |

Imagen 41. Zonas climáticas

Con la actualización, se mantiene el concepto de "Consumo de energía primaria no renovable" $C_{ep,nren,lim}$, limitado en función de la zona climática en invierno y el uso.

| Tabla 3.1.a - HE0 Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado | | | | | | |
|--|----------------------------|----|----|----|----|----|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | 20 | 25 | 28 | 32 | 38 | 43 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 40 | 50 | 55 | 65 | 70 | 80 |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25 | | | | | | |

Imagen 42. DB-HE 0 modificado (Tabla 3.1.a. Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año])

En el uso no residencial se tiene en cuenta el valor de la carga interna media del edificio (CFI):

| Tabla 3.1.b - HE0 Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso distinto del residencial privado | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Zona climática de invierno | | | | | | |
| α | A | B | C | D | E | |
| $70 + 8 \cdot C_{FI}$ | $55 + 8 \cdot C_{FI}$ | $50 + 8 \cdot C_{FI}$ | $35 + 8 \cdot C_{FI}$ | $20 + 8 \cdot C_{FI}$ | $10 + 8 \cdot C_{FI}$ | |
| C_{FI} : Carga interna media [W/m ²] | | | | | | |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1.40 | | | | | | |

Imagen 43. DB-HE 0 modificado (Tabla 3.1.b. Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso distinto de residencial privado)

Y se establecen limitaciones a otro concepto "Consumo de energía primaria total" $C_{ep,tot,lim}$, valor global de la energía primaria que es necesario suministrar a los sistemas de calefacción, refrigeración y ACS. Como se ha hecho anteriormente, se limita en función de la zona climática de invierno y del tipo de uso:

| Tabla 3.2.a - HE0 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado | | | | | | |
|---|----------------------------|----|----|----|-----|-----|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | 40 | 50 | 56 | 64 | 76 | 86 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 55 | 75 | 80 | 90 | 105 | 115 |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15 | | | | | | |

Imagen 44. DB-HE 0 modificado (Tabla 3.2.a. Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso de residencial privado)

Y para uso distinto del residencial privado que, como en el caso anterior, se tiene en cuenta el valor de la carga interna media del edificio (C_{FI}):

| Tabla 3.2.b - HE0 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso distinto del residencial privado | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Zona climática de invierno | | | | | |
| | α | A | B | C | D | E |
| | $165 + 9 \cdot C_{FI}$ | $155 + 9 \cdot C_{FI}$ | $150 + 9 \cdot C_{FI}$ | $140 + 9 \cdot C_{FI}$ | $130 + 9 \cdot C_{FI}$ | $120 + 9 \cdot C_{FI}$ |
| C_{FI} : Carga interna media[W/m ²] | | | | | | |
| En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40 | | | | | | |

Imagen 45. DB-HE 0 modificado (Tabla 3.2.b. Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso distinto de residencial privado)

MODIFICACIONES DB-HE 1: CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.

Antes de la modificación, el CTE limitaba la demanda de calefacción y refrigeración en edificios residenciales según una tabla y la zona climática.

Tras su actualización, esta tabla se ha eliminado y sustituido por el Coeficiente global de transmisión de calor K_{lim} a través de la envolvente, calculándose también en función de la zona climática y de la compacidad del edificio tanto para uso residencial como no residencial:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado

| | Compacidad V/A [m³/m²] | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | V/A ≤ 1 | 0,67 | 0,60 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,43 |
| | V/A ≥ 4 | 0,86 | 0,80 | 0,77 | 0,72 | 0,67 | 0,62 |
| Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio | V/A ≤ 1 | 1,00 | 0,87 | 0,83 | 0,73 | 0,63 | 0,54 |
| | V/A ≥ 4 | 1,07 | 0,94 | 0,90 | 0,81 | 0,70 | 0,62 |

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Imagen 46. DB-HE 1 modificado (Tabla 3.1.1.b. Valor límite K_{lim} [W/m²·K] para uso residencial privado)

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso distinto del residencial privado

| | Compacidad V/A [m³/m²] | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | α | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. | V/A ≤ 1 | 0,96 | 0,81 | 0,76 | 0,65 | 0,54 | 0,43 |
| Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio | V/A ≥ 4 | 1,12 | 0,98 | 0,92 | 0,82 | 0,70 | 0,59 |

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Las unidades de uso con actividad comercial cuya compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

Imagen 47. DB-HE 1 modificado (Tabla 3.1.1.c. Valor límite K_{lim} [W/m²·K] para uso distinto del residencial privado)

Además, se reduce la permeabilidad al aire de los huecos y se limita también la permeabilidad al aire de edificio completo, dependiendo este valor de la compacidad del edificio:

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la *relación del cambio de aire* con una presión de 50 Pa,

| Compacidad V/A [m³/m²] | n_{50} [h ⁻¹] |
|------------------------|-----------------------------|
| | n_{50} |
| V/A ≤ 2 | 6 |
| V/A ≥ 4 | 3 |

Los valores límite de las compacidades intermedias ($2 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

Imagen 48. DB-HE 1 modificado (Tabla 3.1.3.b. Valor límite de n_{50} [h⁻¹])

El cumplimiento de este factor de permeabilidad al aire se puede realizar de dos formas, mediante el ensayo Blower door según la norma UNE-EN 13829 o mediante cálculo numérico.

MODIFICACIONES DB-HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

Al modificarse el documento, se han simplificado los valores de potencia máxima instalada (W/m²) en función del uso y de la iluminancia media de la zona.

Tabla 3.2 - HE3 Potencia máxima por superficie iluminada ($P_{TOT,lim}/S_{TOT}$)

| Uso | E Iluminancia media en el plano horizontal (lux) | Potencia máxima a instalar (W/m²) |
|--------------|--|--------------------------------------|
| Aparcamiento | | 5 |
| Otros usos | ≤ 600 | 10 |
| | > 600 | 25 |

Imagen 49. DB-HE 3 Potencia máxima por superficie iluminada.

MODIFICACIONES DB-HE 4: CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

En este documento básico, la contribución de energía renovable a la producción de ACS ya no va a ser necesariamente solar térmica, sino que se permite cualquier fuente de energía renovable o proceso de cogeneración renovable:

3 Cuantificación de la exigencia

3.1 Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina

- 1 La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.

60 % si la Demanda de ACS < 5000 l/día

70 % si la demanda de ACS > 5000 l/día

Imagen 50. DB-HE 4. Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de ACS.

MODIFICACIONES DB-HE 5: GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se amplía el ámbito de aplicación de este apartado, puesto que antes de la modificación, se aplicaba a edificios logísticos, supermercados, centros deportivos, hospitales y recintos feriales de más de 5000 m². Ahora se aplicarán a todos los edificios, excluyendo residencial privado, de más de 3000 m² construidos.

6.2 Generales

Las Directivas Europeas de Eficiencia Energética de Edificios trabaja con el fin de conseguir:

- La reducción de gas y petróleo.
- La reducción de emisiones de CO₂.

La Directiva 2010/21/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios:

La Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, derogando así la Directiva 2002/91/CE, tiene por objeto promover la eficiencia energética de los edificios.

La Directiva establecía la obligación de adoptar una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios teniendo en cuenta aspectos como:

- Las características térmicas del edificio, tales como su aislamiento, capacidad térmica...
- Las instalaciones de calefacción y agua caliente.
- Las instalaciones de aire acondicionado.
- Las instalaciones de iluminación.
- Las condiciones ambientales interiores.
- Otros elementos: influencia positiva de la exposición solar, iluminación natural o la producción eléctrica por cogeneración.

De igual manera, los Estados miembros tienen la obligación de establecer requisitos mínimos en eficiencia energética para alcanzar niveles óptimos en cuanto a costes. Dichos niveles se revisan cada 5 años distinguiéndose entre nuevos edificios, edificios existentes y diferentes categorías de edificios:

- *Edificios nuevos*: tienen que respetar las nuevas exigencias y realizar un estudio de viabilidad de la instalación de energías renovables, bomba de calor, sistema de calefacción y refrigeración y sistemas de cogeneración.
- *Edificios existentes*: cuando su intención sea realizar una gran mejora en cuanto a su eficiencia energética para satisfacer los requisitos mínimos.

Los edificios que quedan excluidos de estos requisitos mínimos son:

- Los edificios protegidos oficiales, como por ejemplo los edificios históricos.
- Los edificios empleados como lugar de culto.
- Las construcciones provisionales.
- Los edificios residenciales destinados a una duración anual limitada.
- Los edificios independientes de una superficie útil total inferior a 50 m².

En cuanto a reformas, sustitución o modernización, relacionadas con instalaciones como sistemas de calefacción, agua caliente, climatización y ventilación también tendrán que cumplir los requisitos de eficiencia energética.

Si se habla de reformas, tanto de sustitución como de mejora, de la envolvente del edificio o cualquier elemento que repercuta en la eficiencia energética de la envolvente (ventanas,

puertas...), se fijarán unos requisitos mínimos de eficiencia energética de esos elementos para alcanzar una alta rentabilidad.

Cuando se dan dichas reformas, la Directiva fomenta la instalación de sistemas inteligentes de medición del consumo energético para tener un control de consumos, pérdidas y ganancias energéticas.

Dicha Directiva también establece la obligación de inspecciones periódicas de instalaciones como:

- Instalaciones de calefacción con una potencia de calderas superior a 20 kW.
- Instalaciones de calefacción con una potencia de calderas superior a 100 kW (instalaciones periódicas cada dos años).
- Instalaciones de aire acondicionado con una potencia superior a 12 kW.

En estos casos, se emitirá un informe en donde se incluirán mejoras para aumentar la eficiencia energética de la instalación inspeccionada.

El objetivo principal de dicha Directiva es que los edificios reformados o nuevos sean de consumo de energía casi nulo y que a partir del 31 de diciembre del 2020 todos los edificios de nueva construcción sean de consumo de energía casi nulo.

DIRECTIVA 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética

Con esta Directiva se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE y se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

La nueva Directiva no sólo afecta al sector de la eficiencia energética, sino que también va a afectar a agentes como: sector público, compañías comercializadoras y distribuidoras de energía, fábricas y comerciales de equipos eficientes, despachos de ingeniería y arquitectura, las empresas de servicios energéticos, consultoras, empresas de formación...

La Directiva 2012/27/UE fue motivo de debate en la Unión Europea y, tras tres borradores, el texto definitivo fue aprobado por el voto favorable de los Estados miembros menos España y Portugal que votaron en contra y Finlandia que se abstuvo.

¿Por qué surge esta Directiva? Surge por incumplir los objetivos fijados por la Unión Europea de alcanzar un ahorro del 20% de energía primaria en 2020. Este objetivo formaba parte del Plan de Acción energético 20/20/20 en la lucha contra el cambio climático. Por ello, la Directiva obliga a todos los Estados miembros a fijar unos objetivos para el año 2020.

En el contenido de la nueva Directiva hay que destacar:

- **Renovación de edificios**
Los Estados miembros tendrán que renovar los edificios residenciales y comerciales, tanto públicos como privados. Por lo que se fijó que, a partir del 1 de enero de 2014, se tendrá que renovar el 3% de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistemas de refrigeración que no cumplan con lo establecido en los estándares energéticos mínimos.
- **Auditorías energéticas y Sistemas de Gestión Energética**
La Directiva señala que dichas auditorías se efectuarán por expertos cualificados para que estas sean de alta calidad. Dichas auditorías serán energéticas, periódicas y obligatorias para todas las empresas que no sean PYMES, siendo revisables cada cuatro años.
- **Adquisición de Productos y Servicios eficientes**
Los Estados tendrán que garantizar que las Administraciones públicas adquieren sólo productos, servicios y edificios que tengan un alto rendimiento energético.
- **Sistemas de obligación de eficiencia energética**
La Directiva exige a los Estados miembros el objetivo de ahorro energético a nivel usuario estableciendo como objetivo que cada año, desde 2014 hasta 2020, el ahorro en el que se alcance un equivalente al 1,5 % de las ventas anuales de energía a clientes finales.
- **Promoción de la Eficiencia en la Calefacción y Refrigeración**
La Directiva se centra tanto en la Cogeneración de alta eficiencia como en las Redes urbanas de calefacción y refrigeración. Para ambos, la Directiva marca unas pautas para que los estados miembros fomenten estas tecnologías.
- **Fomento de los Servicios Energéticos**
El objetivo de la Directiva es que los Estados miembros fomenten el mercado de los servicios energéticos ya que son una gran herramienta para implantar medidas de ahorro y eficiencia energética.

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020

El objetivo del Plan es conseguir un ahorro de energía primaria de un 20% en el año 2020 con el que España pretende ahorrar, en lo que a energía se refiere, unos 78.700 millones de euros con el objetivo de reducir el consumo energético un 2% cada año.

Este Plan de Acción considera prioritarias las medidas propuestas para sectores como los de la Edificación y Equipamiento. En estos sectores se persigue una reducción del 15,6% gracias a medidas relacionadas con la envolvente térmica, las instalaciones térmicas y de iluminación, la alta calificación energética y el Plan Renove de electrodomésticos.

Mas allá de las Directivas Europeas que abordan temas más genéricos en cuanto a temas de la construcción Passivhaus y el ahorro energético, no existe una legislación que rijan las condiciones que limiten a una ventana para que forme parte de una construcción Passivhaus. Pero sí se da un valor que dicho componente no pueda superar, el valor de transmitancia de la ventana completa $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

No obstante, los fabricantes de ventanas siguen unas normas europeas con el fin de mejorar las características de estos elementos:

- Permeabilidad al aire siguiendo la norma UNE EN 12207:2000
- Estanqueidad al agua: CLASE 9ª según la norma UNE EN 12208:2000
- Resistencia al viento: CLASE C5 según la norma UNE EN 12211:2000

6.3 Particularidades

Una vez aportada la información más genérica en cuanto a la necesidad de buscar soluciones para obtener mayor ahorro energético, toca dar paso a lo relevante de este estudio: una ventana con altas prestaciones, directamente relacionada con el ahorro energético en viviendas y edificios.

La Ley de Ordenación de la Edificación, LOE (Ley 38/1999 de 5 de noviembre), promulgada en el año 2000, establece el desarrollo de un cuerpo normativo técnico para contemplar los objetivos referentes a habitabilidad, higiene y confort de la vivienda.

Como se ha nombrado anteriormente, la ventana queda especificada en el DB Ahorro de Energía y Aislamiento Térmico, HE1 Limitación de la demanda energética, donde se remarca la importancia de este elemento constructivo como una barrera térmica en la climatización de la vivienda.

El Código Técnico de la Edificación sólo hace referencia a 6 características obligatorias referentes a una ventana y otras 6 voluntarias:

| Características OBLIGATORIAS | Características VOLUNTARIAS |
|---|--|
| Transmitancia térmica | Estanqueidad al agua |
| Condensación superficial | Reacción al fuego |
| Resistencia a la acción del viento | Resistencia a la acción de la nieve y cargas permanentes |
| Permeabilidad al aire | Emisión de sustancias peligrosas |
| Propiedades frente a la radiación solar | Resistencia al impacto |
| Aislamiento al ruido aéreo | Resistencia a repetidas aperturas y cierres |

Es muy llamativo observar como el CTE no trata la estanqueidad al agua, pero sí la resistencia al viento o la permeabilidad al aire. En cambio, las características que exige el Marcado CE de una ventana, se incluyen a los parámetros anteriores las emisiones de sustancias peligrosas que el CTE no recoge.

EL COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN AEN CTN 085

El título de este comité es “Cerramientos de huecos en edificios y sus accesorios” cuyo campo de actividad es la normalización de terminología, simbología, clasificación, características, métodos de ensayo y marcado de:

- Puertas, ventanas, persianas y cierres
- Herrajes y cerraduras
- Muros cortina
- Vidrio utilizado en construcción

El seguimiento de la normalización armonizada europea ha sido punto central de este Comité cuya estructura se divide en ocho subcomités, de los cuales, sólo tres interesan en este estudio:

- Subcomité 2: Ventanas
- Subcomité 3: Persianas
- Subcomité 4: Herrajes y cerraduras

ASEFAVE, Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas, encargada de desempeñar la función de secretaría, coordina la labor española en los Comités Técnicos 33 y 129 del CEN que se desarrollan a nivel de Grupos de Trabajo y de Subcomités con el fin de ayudar a las empresas asociadas y a todo el sector del cerramiento acristalado. También, sigue la labor que está desarrollando el CT-162 de ISO en la elaboración de normas internacionales sobre sobre puertas y ventanas.

Normas UNE españolas pertenecientes al CTN 085 en relación con ventanas:

UNE-EN 85203:1982 Métodos de ensayo de ventanas. Ensayos mecánicos.

UNE-EN 85205:1978 Método de ensayo de ventanas. Presentación del informe de ensayo.

UNE-EN 85205:1979 ERRATUM Método de ensayo de ventanas. Presentación del informe de ensayo.

UNE-EN 85219:2016 Ventanas. Colocación en obra.

UNE-EN 85222:1985 Ventanas. Acristalamiento y métodos de montaje.

UNE-EN 85230:1987 Ventanas. Sellado. Terminología y definiciones.

UNE-EN 85232:1996 Ventanas. Sellado. Clasificación, designación y métodos de ensayo de los sellantes.

UNE-EN 85235:1987 Ventanas. Sellado. Clasificación y designación de los sistemas de acristalamiento.

UNE-EN 85247:2011 Ventanas y puertas. Estanquidad al agua. Ensayo "in situ"

CERTIFICACIÓN DE LA VENTANA FABRICADA

Una vez fabricada la ventana, esta deberá cumplir con unas normas con el fin de obtener la certificación acreditativa que deberá aportarse junto con la ventana una vez fabricada y entregada, todo ello con el fin de verificar que cumple con los requisitos propios del Passivhaus:

1. Certificación del vidrio, de cumplimiento de la Norma UNE-EN 572-9.
2. Coeficiente de transmitancia térmica cumpliendo con:
 - Norma UNE-EN 14351-1:2006+A1:2011: Ventanas y puertas. Norma de producto, características de prestación.
 - Norma UNE-EN 12412-2:2005: Eficiencia térmica de ventanas, puertas y persianas. Determinación de la transmitancia térmica mediante el método de la caja caliente.
3. Certificado: Permeabilidad al aire con norma UNE-EN 1026:2000 Ventanas y puertas. Método de ensayo
4. Certificado: Estanqueidad al agua con norma UNE-EN 1027:2000 Ventanas y puertas. Método de ensayo.
5. Certificado: Fuerzas de maniobra con norma UNE-EN 12046-1:2004. Método de ensayo en ventanas.
6. Certificado: Resistencia a la carga del viento con norma UNE-EN 12211:2000. Método de ensayo.
7. Certificado: Resistencia mecánica:
 - Resistencia a la carga vertical en ventanas con norma UNE-EN 14608:2004.
 - Resistencia a la torsión estática en ventanas con norma UNE-EN 14609:2004.

6.4 Condiciones particulares

6.4.1 Sobre el proceso de fabricación.

Como se ha especificado anteriormente, todos los elementos que se emplean en la fabricación y montaje de la ventana; tales como los perfiles de PVC, refuerzos metálicos, tornillos, juntas de EPDM, herrajes y el acristalamiento, todos ellos llegan fabricados por lo que sólo habrá que manipularlos para cortar, ajustar, colocar o soldar.

Antes de su llegada a la fábrica, todos estos elementos “prefabricados” pasan unos ensayos y controles bastante exhaustivos con el fin de que la ventana fabricada con ellos tenga unas características acordes a las exigencias que se le exigen.

En el apartado 1.9. de este documento se explica el proceso de fabricación de una ventana Passivhaus al detalle.






6.4.2 Sobre el transporte y puesta en obra






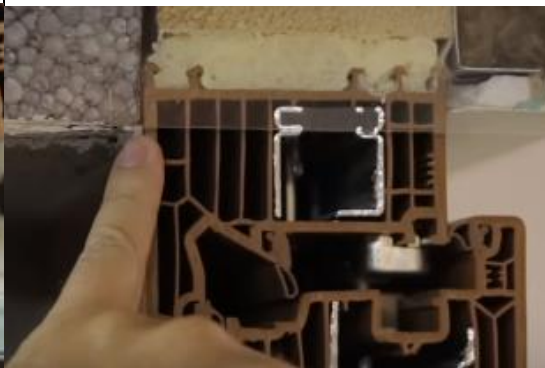
Una ventana fabricada bajo este estándar se fabrica y luego se monta en obra. En el proceso de transporte, la carpintería se deberá transportar en posición vertical, apoyada entre bastidores y con la protección que sea necesaria con el fin de evitar caídas y golpes. Si en obra, tuviera que quedar de forma temporal sin colocar, se tendrá que disponer en posición vertical y embalada.

En cuando a la puesta en obra, es un paso muy importante puesto que, si se coloca mal, pueden existir pérdidas por pequeños huecos que pueden quedar entre la ventana y la fachada. Es por ello que, este trabajo lo tendrá que realizar un instalador experto en colocar este tipo de ventanas.

Los pasos para la correcta colocación de una ventana son los siguientes:

1. Una vez colocado el premarco de madera (de espesor 3 cm) en el hueco de la fachada, se deberá de limpiar el hueco previsto para la instalación de la ventana.
2. Se tendrá que colocar una cinta en el lateral interior de la ventana (para que el instalador trabaje más cómodo, se quitarán las hojas).
3. Se deberá de colocar, después, otra cinta, pero esta vez en inglete.
4. Se coloca el marco en el hueco y se fija.
5. Se tendrá que colocar una cinta en el frontal del marco ya colocado en el hueco.
6. Se repasa el marco ya dispuesto en el hueco con el fin de que todos los huecos y esquinas queden bien tapados, se empleará para ello cinta de hermeticidad.
7. En su colocación, se tendrá que colocar un espumado y cinta precomprimida para evitar movimientos y asentamientos indeseados.
8. Para completar el trabajo, se instalan las hojas en el marco instalado ya en obra.

| | |
|---|--|
|  |  |
| | |
| <p><i>Previo a la colocación del marco, se coloca un espumado bajo el marco para mejor colocación</i></p> | |
| |  |
|  |  |
| | |
| <p><i>Colocación lateral de la cinta tanto al interior como al exterior del marco.</i></p> | <p><i>Colocación de marco en el hueco previsto en obra.</i></p> |

| | |
|--|--|
|  |  |
| <i>Fijación del marco.</i> | |
|  |  |
| <i>Se sellan todas las juntas y huecos con el fin de que no existan infiltraciones</i> | |
|  |  |
| <i>Sección colocado final con cinta de hermeticidad y cinta precomprimida/espumado</i> | |
| <i>Fuente: Inrialsa</i> | |
| <i>Imagen 51: Proceso de colocación de una ventana passivhaus</i> | |

6.4.3 Control de calidad (una vez puesta en obra)

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) recalca la responsabilidad del fabricante, remarcando dos obligaciones:

- Entregar el producto de acuerdo con lo especificado en el pedido, planos y contrato; respondiendo de su origen, identidad y calidad.
- Facilitar las instrucciones de uso y mantenimiento del producto suministrado, así como de la garantía de calidad.

A su vez, se tiene en cuenta que los encargados de instalar la ventana de altas prestaciones en una fachada, son gente especializada en viviendas pasivas por lo que son conscientes de la gran importancia de la correcta ejecución de su trabajo. Es por ello que, tras finalizar la obra, puede comprobarse si la ventana está bien fabricada o bien colocada:

- Si está mal fabricada, pueden existir pérdidas entre las juntas de la carpintería de la ventana o, incluso, que la ventana no cierre perfectamente.
- Si está mal colocada, con el tiempo van a aparecer condensaciones superficiales entre la fachada y la carpintería.

De cualquier modo, esos fallos pueden ser detectados a tiempo ya que en el test blower door, que se realiza en el momento en el que se finaliza toda la envolvente exterior, se detectan infiltraciones de aire, que casi siempre, suelen darse en las ventanas. Si estas pérdidas se dan por la mala fabricación de la ventana pasiva, la empresa suministradora se tiene que encargar en todo momento de sustituirla por otra que cumpla con las condiciones de una ventana de altas prestaciones. Si, por el contrario, es debido a un mal trabajo por parte de los instaladores, estos encargarán de repasar su colocación.

6.4.4 Manual de instrucciones (usos adecuados e inadecuados y mantenimiento)

USO

En cuanto al tema del uso, una vez colocada en obra la ventana y acabada la obra, se debe retirar las protecciones adhesivas puesto que si se dejan estas protecciones más de tres meses pueden dañar la superficie de la ventana.

Una vez la vivienda esté en uso, evitar golpes muy fuertes ya que puede provocar pequeños movimientos de la carpintería respecto de la fachada.

Cuando se vayan a realizar trabajos en fachada o en el interior de una estancia, tales como pintado o limpieza, una buena opción para proteger la ventana será cubrirla con cinta adhesiva o un tratamiento reversible.

Si la ventana dispone de apertura abatible, puede darse el caso en el que la ventana se abra completamente, es el llamado “compás del herraje”, no está defectuosa, sino que simplemente se tendrá que colocar la manilla hacia arriba o hacia abajo, cerrar la ventana y girar la manilla en posición horizontal.

En cuanto a una ventana de apertura oscilobatiente, la manilla tiene que estar siempre en posición vertical, si está hacia arriba es su posición abatible, si está hacia abajo está cerrada y si está en posición horizontal está en apertura total.

PROHIBICIONES

No se pueden colocar ni apoyar equipos de aire, poleas para cargas ni mecanismos de limpieza sobre la carpintería puesto que pueden dañarla o moverla.

MANTENIMIENTO

El usuario debe limpiar la suciedad con agua y un trapo suave y secar con un paño para evitar que la superficie se raye. No se puede usar abrasivos ni disolventes ya que pueden deteriorar la superficie de la carpintería.

Del mismo modo, el usuario debe comprobar anualmente el perfecto funcionamiento de los mecanismos de cierre y de maniobra. Si se diera algún problema al comprobar lo anterior, el usuario debe de ponerse en contacto con el proveedor o especialista que le instaló dicha ventana.

Cada tres años, el usuario también deberá inspeccionar si hay algún problema con los perfiles, problemas tales como rotura, deterioro o falta de estanquidad, que, de igual modo, deberá ponerse en contacto con un profesional.

Cada diez años se tiene que renovar el sellado que hay entre la fachada y la carpintería.

7 PRESUPUESTO

7.1 Presupuesto de ventana tipo

En este caso, se va a estudiar el presupuesto de la ventana que se lleva nombrando en todo el estudio: ventana de PVC de doble hoja y acristalamiento 4BE-20-4-20-4BE:

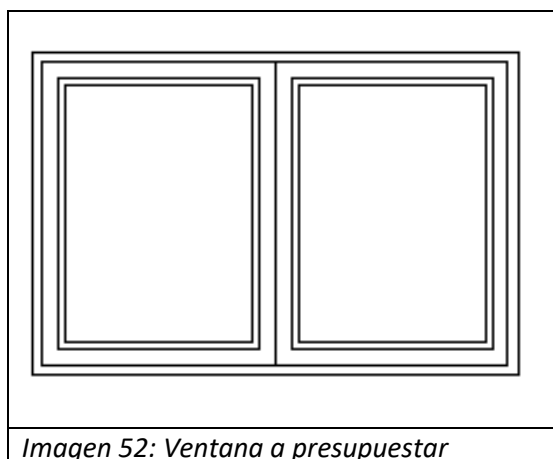

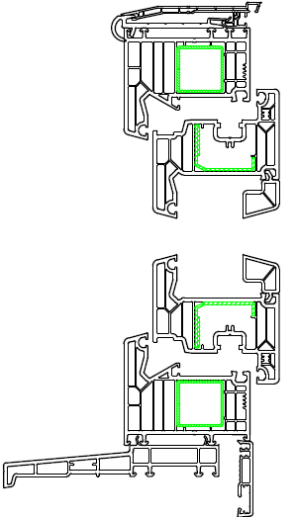
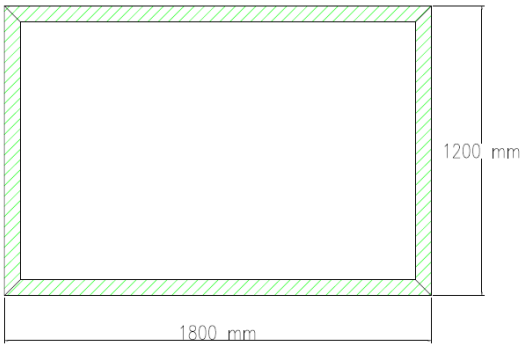
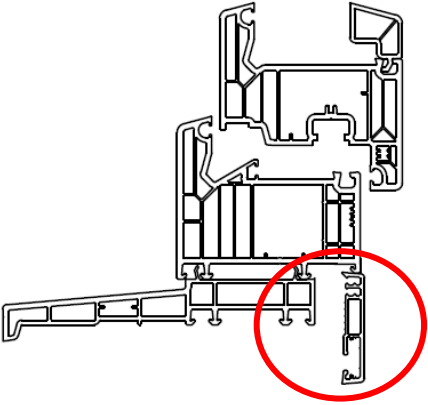
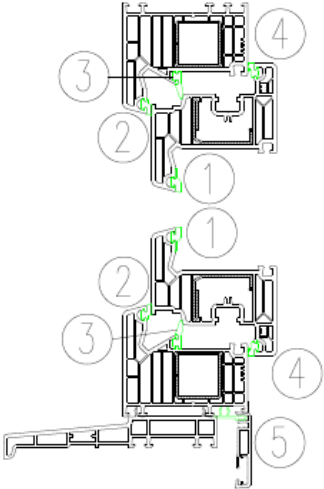
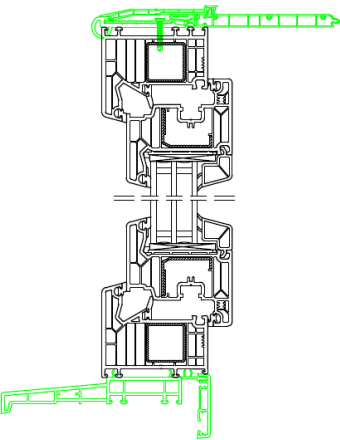


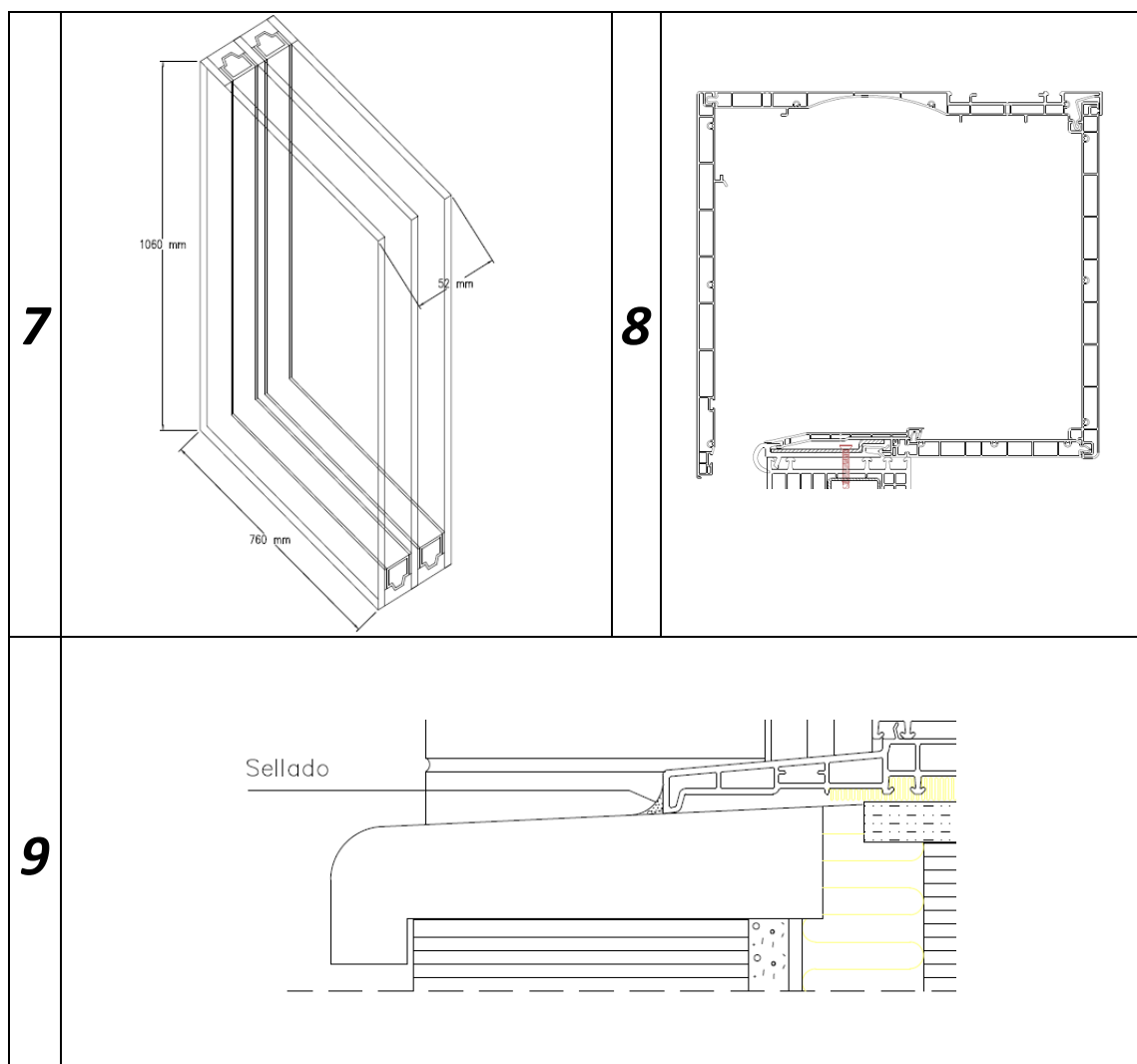
Imagen 52: Ventana a presupuestar

A continuación, se adjunta el desglose de precios junto a unas imágenes numeradas para facilitar la comprensión de dicho desglose:

| EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA VENTANA TIPO EN FÁBRICA | | | | |
|--|--|-------------------|--|-----------|
| Nº | MATERIAL Y/O DESCRIPCION | CANTIDAD (unidad) | LONGITUD (mm) | COSTE (€) |
| 1 | Herraje perimetral | | | 66,02 € |
| 2 | Refuerzos metálicos para perfiles de PVC | 13 | 2 x 1800 mm 2 x 1200 mm 4 x 775 mm 4 x 1072 mm 1 x 1200 mm | 23,88 € |
| 3 | Perfiles principales de PVC | 4 | 2 x 1200 mm 2 x 1800 mm | 168,63 € |
| 4 | Tapajuntas de PVC | 4 | 2 x 1200 mm 2 x 1800 mm | 19,40 € |
| 5 | Juntas de EPDM | 32 | 16 x 775 mm 16 x 1072 mm | 7,15 € |
| | Tornillería | | | 6,86 € |
| 6 | Vierteaguas y apoyo cajón, ambos de PVC | 2 | 1800 mm | 11,55 € |
| | Herraje manilla | 1 | | 3,64 € |
| 7 | Acristalamiento (4BE-20-4-20-4BE) | 2 | 2 x 1060 mm x 760mm | 306,12 € |
| 8 | Cajón de persiana de PVC | 1 | | 65,00 € |
| 9 | Alfeizar composite | 1 | | 62,00 € |
| | Premarco | 1 | | 55,00 € |
| | Persiana | 1 | | 450,00 € |
| | Sellado | | | 20,43 € |
| | Banda de hermeticidad (10€/m) | | 8000 mm | 80,00 € |

| EN EL PROCESO DE TRANSPORTE Y COLOCACIÓN | | | | |
|--|------------------------------|-------------------|---------------|-----------|
| Nº | MATERIAL Y/O DESCRIPCION | CANTIDAD (unidad) | LONGITUD (mm) | COSTE (€) |
| | Transporte de ventana a obra | | | 12,48 € |
| | Colocación Pasiva en obra | | | 150 € |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 1 |  | 2 |  |
| 3 |  | 4 |  |
| 5 |  | 6 |  |



El precio final de una ventana de altas prestaciones Passivhaus ronda los 1.200 – 1.800 €, dependiendo de sus dimensiones y el tipo de acristalamiento que lleve, teniendo en cuenta que en este precio van incluidos el precio de la instalación (trabajo del instalador), persiana completa, premarcos o alfeizar, elementos que no son la ventana en sí.

En este caso, se van a aportar dos precios:

| | |
|-----------------------------------|------------|
| PRECIO TOTAL SÓLO VENTANA | 688,68 € |
| PRECIO TOTAL VENTANA CON PERSIANA | 1.203,68 € |

El presupuesto, junto a este desglose de precios, es el siguiente:

| PRESUPUESTO TOTAL | | | | |
|----------------------------------|---|-------------|-----------------|-------------------|
| Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
| Materiales | | | | |
| ud. | Ventana de PVC: <i>CARPINTERIA PVC:</i> Perfilería de PVC Shüco Serie Living. Sistema de 82 mm y 6 cámaras selladas con juntas de EPDM. Triple junta de estanqueidad de EPDM Refuerzo de perfiles PVC con perfiles de acero galvanizado. Capacidad de acrisalamiento de 52 mm <i>ACRISTALAMIENTO:</i> 4BE-20-4-20-4BE <i>HERRAJE:</i> Herraje marca Roto-Frank metálico en acabado plateado con revestimiento antibrillo y anticorrosión <i>ACABADOS:</i> Carpintería de PVC blanca y herajes blancos Cajón de persiana y persiana | 1,000 | 1.203,68 € | 1.203,68 € |
| m | Cinta de hermeticidad | 8,000 | 10 €/m | 80,00 € |
| Subtotal materiales: | | | | 1.283,68 € |
| Mano de obra | | | | |
| h | Oficial 1ª PVC | 2,000 | 27,73 € | 55,46 € |
| h | Oficial 1ª colocación Passivhaus | 1,000 | 150,00 € | 150,00 € |
| Subtotal mano de obra: | | | | 205,46 € |
| Transporte a obra | | | | |
| ud. | Trasporte ventanas a obra | 1,000 | 12,48 € | 12,48 € |
| Subtotal transporte obra: | | | | 12,48 € |
| Total ejecución material | | | | 1.501,62 € |
| Gastos generales (13%) | | | | 195,21 € |
| Costes indirectos (8%) | | | | 120,13 € |
| Beneficio industrial (6%) | | | | 90,10 € |
| Suma: | | | | 1.907,06 € |
| IVA (21%) | | | | 400,48 € |
| Presupuesto de ejecución | | | | 2.307,54 € |

En muchos casos, el cliente demanda el precio del m² de este tipo de ventana debido a su elevado precio. En este caso, se va a añadir la tabla anterior con los valores exclusivos de los elementos de la ventana con el fin de calcular posteriormente el valor real de la ventana de estudio:

El valor real de la ventana Passivhaus de doble hoja de 1,80 x 1,20 m con acristalamiento 4BE/20ARGON/4/20ARGON/4BE es de 738,14 €.

| <i>Tipo de ventana</i> | <i>Dimensiones</i> | <i>Precio</i> | <i>Precio/m²</i> |
|---|---|----------------------|------------------------------------|
| Ventana de doble hoja practicable con acristalamiento triple bajo emisivo | 1,80 x 1,20 m (2,16 m ²) | 688,68 € | 318,83 €/m² |

Como se ha detallado anteriormente, este valor va a depender de factores como:

- Tipo de acristalamiento.
- Cantidad de hojas que componen la ventana.
- Tipo de apertura de dichas hojas.
- Tamaño de la ventana.

En cierto modo, el factor que va a hacer que el precio final de la ventana varíe en mayor o menor medida va a ser el tipo de acristalamiento ya que su valor es el 44,45% del precio final.

